



TUGAS AKHIR - SS141501

**Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Jumlah
Kasus *Tuberculosis* di Surabaya Tahun 2014
Menggunakan *Geographically Weighted Negative
Binomial Regression***

**Sri Indahwati
NRP 1312 100 078**

**Dosen Pembimbing
Ir. Mutiah Salamah, M.Kes**

**Program Studi S1
Jurusan Statistika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SS141501

**Analysis Of Factors Affecting The Number Of Cases
Of *Tuberculosis* In Surabaya In 2014 Using
*Geographically Weighted Negative Binomial
Regression***

**Sri Indahwati
NRP 1312 100 078**

**Supervisor
Ir. Mutiah Salamah, M.Kes**

**Undergraduate Programme
Department Of Statistics
Faculty Of Mathematics And Natural Sciences
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI JUMLAH KASUS *TUBERCULOSIS* (TB) DI SURABAYA TAHUN 2014 MENGGUNAKAN *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMAL REGRESSION*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
SRI INDAH WATI
NRP 1312 100 078

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Mutiah Salamah, M.Kes
NIP : 19571007 198303 2 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2016



Analisis Faktor-Faktor yang Memengaruhi Jumlah Kasus *Tuberculosis* di Surabaya Tahun 2014 Menggunakan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*

Nama : Sri Indahwati
NRP : 131210078
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Ir. Mutiah Salamah, M.Kes

ABSTRAK

Penyakit Tuberculosis merupakan penyakit infeksi kronik dan menular yang erat kaitannya dengan keadaan lingkungan dan perilaku masyarakat. Tuberculosis (TB) merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh Mycobacterium tuberculosis. Di Jawa Timur, Kota Surabaya merupakan kota dengan jumlah kasus TB tertinggi. Jumlah kasus TB yang terjadi tiap kecamatan berbeda-beda. Perlu dilakukan analisis untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TB sehingga jumlah penderita TB bisa diminimalisir. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemodelan jumlah kasus TB adalah Binomial Negatif dan dengan menambahkan aspek spasial maka digunakan metode Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR) dengan fungsi pembobot adalah fungsi kernel adaptive bi-square. Hasil penelitian menunjukkan terjadi 2 pengelompokan kecamatan berdasarkan variabel-variabel yang signifikan dengan variabel globalnya yaitu kepadatan penduduk dan persentase penderita HIV. Sedangkan variabel lain yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TB di beberapa kecamatan di Surabaya yaitu persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat.

Kata Kunci : *GWNBR, Jumlah Kasus TB, Kepadatan Penduduk, Mycobacterium tuberculosis, Surabaya.*

Analysis of Factors Affecting the Number of Cases of *Tuberculosis* in Surabaya in 2014 Using Geographically Weighted Negative Binomial Regression

Nama : Sri Indahwati
NRP : 1312100078
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Pembimbing : Ir. Mutiah Salamah, M.Kes

ABSTRACT

Tuberculosis disease is a chronic and contagious infectious disease that is closely related to the environment and people's behavior. Tuberculosis (TB) is an infectious disease caused by Mycobacterium tuberculosis. In East Java, Surabaya is a city with the highest number of TB cases. The number of TB cases that occur each district is different. Analysis is needed to determine the factors that influence the number of TB cases so that the number of TB patients could be minimalized. One method that can be used for modeling the number of TB cases is Negative Binomial and by adding a spatial aspect, this research analyzes using Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR) with a weighting function namely adaptive bi-square kernel function. The results showed that there are two grouping districts based on the variables with global significant variable namely population density and percentage of people living with HIV. While other variables that affect the number of TB cases in some districts in Surabaya is the percentage of households behave clean and healthy living

Keywords: *GWNBR, Mycobacterium tuberculosis, Number of TB Cases, Population Density, Surabaya*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN I	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Deskripsi Tuberculosis	7
2.2 Multikolinieritas	7
2.3 Overdispersi.....	8
2.4 Regresi Binomial Negatif.....	9
2.4.1 Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif (RBN)	10
2.4.2 Pengujian Parameter Regresi Binomial Negatif	14
2.5 Pengujian Aspek Data Spasial	15
2.5.1 Pengujian Dependensi Spasial.....	15
2.5.2 Pengujian Heterogenitas Spasial.....	16
2.6 Model Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)	17
2.6.1 Estimasi Parameter Model GWNBR	18
2.6.2 Pengujian Kesamaan Model GWNBR dengan Regresi Binomial Negatif	27

2.6.3 Pengujian Parameter Model GWNBR.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data.....	31
3.2 Variabel Penelitian	31
3.3 Metode Analisis.....	33
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Jumlah Kasus TB di Surabaya Tahun 2014 ..	35
4.1.1 Kepadatan Penduduk.....	36
4.1.2 Persentase Rumah Tangga yang Berperilaku Hidup Bersih dan Sehat	38
4.1.3 Persentase Rumah Sehat	39
4.1.4 Persentase Rumah Tangga Miskin	41
4.1.5 Persentase Penderita HIV.....	43
4.2 Pemodelan Jumlah Kasus TB di Surabaya Tahun 2014	44
4.2.1 Pemeriksaan Multikolinieritas	45
4.2.2 Pemodelan dengan Regresi Binomial Negatif.....	45
4.2.3 Pengujian Aspek Data Spasial	48
4.2.4 Pengujian Kesamaan Model GWNBR dengan Regresi Binomial Negatif.....	49
4.2.5 Pengujian Signifikansi Model GWNBR.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	57
5.1 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	31
Tabel 3.2 Struktur Data	32
Tabel 4.1 Koefisien Korelasi Pearson	45
Tabel 4.2 Nilai VIF Tiap Variabel Prediktor	45
Tabel 4.3 Nilai Initial θ	46
Tabel 4.4 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif	46
Tabel 4.5 Pengujian Parameter Model GWNBR Kec.Tenggilis Mejoyo	50
Tabel 4.6 Pengujian Parameter Model GWNBR Kec.Gayungan ...	51
Tabel 4.7 Parameter yang Signifikan setiap Kecamatan	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Persebaran Jumlah Kasus TB di Setiap Kecamatan ...	35
Gambar 4.2 Persebaran Kepadatan Penduduk di Setiap Kecamatan.....	37
Gambar 4.3 Persebaran Rumah Tangga ber-PHBS di Setiap Kecamatan.....	38
Gambar 4.4 Persebaran Rumah Sehat di Setiap Kecamatan.....	40
Gambar 4.5 Persebaran Persentase Rumah Tangga Miskin di Setiap Kecamatan	42
Gambar 4.6 Persebaran Persentase Penderita HIV di Setiap Kecamatan.....	43
Gambar 4.7 Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Variabel Signifikan.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit infeksi kronik dan menular yang erat kaitannya dengan keadaan lingkungan dan perilaku masyarakat. TB merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini ditularkan melalui udara yaitu lewat percikan ludah, bersin dan batuk. Penyakit TB biasanya menyerang paru dan dapat pula menyerang organ tubuh yang lain. Penyakit TB paru dapat menyerang siapa saja dan kebanyakan berasal dari kelompok sosial ekonomi rendah dan tingkat pendidikan yang rendah (Aditama, 2002). Penyakit TB merupakan salah satu penyakit yang dijadikan sebagai target dalam MDGs (*Milenium Development Goals*). Pada tahun 2015 target prevalensi TB adalah 222 per 100.000 penduduk.

Penyakit TB dapat menular melalui kondisi lingkungan sekitar, terutama pada lingkungan dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Kepadatan penduduk adalah jumlah penduduk di suatu daerah per satuan luas wilayah. Kepadatan penduduk yang tinggi berarti kondisi bertambahnya jumlah penduduk di suatu wilayah, pertambahan penduduk dapat mengakibatkan keterbatasan lahan khususnya lahan untuk pemukiman, peningkatan pencemaran udara akibat transportasi kota dan meningkatnya angka kemiskinan.

Kota Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur yang sekaligus menjadi kota terbesar kedua di Indonesia dan terkenal dengan kepadatan penduduknya. Di Surabaya terdiri dari 31 kecamatan dimana dari 31 kecamatan tersebut ada yang berada di daerah tengah perkotaan dan ada yang berada di daerah pedesaan/pinggiran kota. Peluang terjadinya kontak dengan penderita TB di daerah perkotaan (*urban*) yang lebih padat penduduknya lebih besar dibandingkan di pedesaan (*rural*) (Karyadi, West, Schultink, Nelwan, Gross dan Amin, 2002).

Selain dari faktor kependudukan, faktor lingkungan perumahan juga memegang peranan penting dalam menentukan terjadinya proses penularan suatu penyakit. Begitu juga pada penyakit TB yang perkembangan kumannya akan terhambat jika perumahan tersebut memiliki ventilasi dan cahaya matahari yang cukup.

Di Jawa Timur, Kota Surabaya merupakan kota dengan kasus TB terbesar pada tahun 2014 yaitu sebanyak 2.855 kasus (Dinas Kesehatan Kota Surabaya, 2015). Meski jumlah kasus TB pada tahun 2014 mengalami penurunan dari tahun sebelumnya, tapi jumlah kasus TB yang terjadi ini masih terbilang cukup besar. Dari 31 kecamatan yang ada di Surabaya, tidak ada satu pun kecamatan yang terbebas dari penyakit TB. Hanya saja jumlah kasus TB yang ditemukan di setiap kecamatan yang ada di Surabaya bervariasi, ada kecamatan dengan jumlah kasus TB terbanyak dan ada kecamatan yang jumlah kasus TB-nya sedikit.

Penelitian mengenai variabel yang mempengaruhi jumlah penderita Tuberculosis telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya Suherni (2013), dengan menggunakan analisis faktor terdapat 6 variabel penyebab penyakit tuberculosis di Surabaya yaitu persentase kepadatan penduduk, persentase balita dengan status gizi buruk, persentase jumlah masyarakat miskin, persentase jumlah penderita HIV yang ditangani dan persentase jumlah sektor usaha industri maupun perdagangan yang menghasilkan 4 kelompok daerah yaitu daerah tidak rentan namun kepadatan tinggi, daerah rentan dengan kepadatan tinggi, daerah tidak rentan dengan kepadatan penduduk rendah, dan daerah sangat rentan dengan kepadatan penduduk tinggi. Menurut Lestari (2014), variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus tuberculosis di seluruh kabupaten/kota di Jawa Timur adalah persentase penduduk usia produktif, dan persentase tenaga kesehatan terdidik tuberculosis. Dan menurut Zahiroh (2014) dengan menggunakan metode *Geographically Weighted Poisson Regression* (GWPR) didapatkan faktor yang berpengaruh terhadap kasus tuberculosis di Surabaya yaitu persentase penduduk yang berusia ≥ 65 tahun, rasio jumlah sarana

kesehatan per 1000 penduduk, persentase rumah tangga yang memiliki air bersih, persentase penduduk yang terkena AIDS per kecamatan, rasio jumlah keluarga ber PHBS per 1000 penduduk, dan kepadatan penduduk.

Mengacu pada penelitian Suherni (2013) tersebut menunjukkan bahwa terdapat 4 kelompok daerah dengan tingkat penyebaran penyakit tuberculosis yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan adanya faktor spasial yaitu adanya faktor yang berpengaruh terhadap penyakit tuberculosis di sekelompok kecamatan, namun tidak berpengaruh terhadap kasus tuberculosis di sekelompok kecamatan lain. Dan karena jumlah kasus tuberculosis merupakan data *count* yang mengikuti distribusi Poisson sehingga untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kasus tuberculosis digunakan analisis regresi Poisson. Pada penelitian yang dilakukan Zahirah (2014) ditemukan adanya asumsi analisis regresi poisson yang tidak terpenuhi yaitu adanya kasus overdispersi. Karena terjadi kasus overdispersi maka dapat disimpulkan bahwa regresi Poisson tidak sesuai untuk memodelkan data dan model yang akan terbentuk akan menghasilkan estimasi parameter yang bias.

Salah satu metode yang digunakan dalam mengatasi overdispersi dalam regresi Poisson adalah regresi Binomial Negatif. Dengan memperhatikan aspek spasial (wilayah) maka digunakan metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* (GWNBR). Pada pemodelan menggunakan GWNBR, setiap wilayah pasti memiliki kondisi geografis yang berbeda sehingga menyebabkan adanya perbedaan jumlah kasus TB antara wilayah satu dengan wilayah yang lainnya sesuai dengan karakteristik wilayah tersebut dikaitkan dengan kondisi lingkungan dalam rumah tangga penduduk. Penelitian metode GWNBR telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya Pratama (2015) menggunakan metode GWNBR untuk memodelkan kasus TB di Jawa Barat.

Merujuk pada penelitian sebelumnya maka pada penelitian ini juga akan dilakukan pemodelan pada jumlah kasus TB di

Surabaya dengan menggunakan metode GWNBR dengan unit penelitiannya yaitu 31 kecamatan di Kota Surabaya. Variabel yang akan digunakan yaitu terkait lingkungan, kepadatan penduduk, perilaku kesehatan, serta beberapa variabel yang diduga berpengaruh terhadap berkembangnya kasus TB berdasarkan hasil penelitian sebelumnya. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat diketahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh pada perkembangan penyakit TB di tiap kecamatan yang ada di Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan data pada Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2014 diketahui bahwa Surabaya merupakan kota dengan jumlah kasus TB terbanyak di Jawa Timur. Dari 31 kecamatan yang ada tidak ada satu pun kecamatan yang terbebas dari kasus TB dan jumlah kasus TB di tiap kecamatan bervariasi, sehingga diperlukan identifikasi faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi persebaran kasus TB di Surabaya pada masing-masing kecamatan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui karakteristik jumlah kasus TB berdasarkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya di Surabaya pada tahun 2014.
2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus TB di Surabaya pada tahun 2014 dengan pendekatan GWNBR.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Bagi peneliti dapat menambah wawasan tentang penyakit TB dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.
2. Bagi Dinas Kesehatan, penelitian ini dapat memberikan tambahan informasi mengenai faktor-faktor yang

mempengaruhi jumlah kasus TB terutama di daerah endemi TB sehingga dapat dijadikan acuan dan bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan sebagai upaya meminimalisir jumlah kasus TB.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat penelitian yang dikaji dipengaruhi oleh banyak faktor serta adanya berbagai keterbatasan dalam penelitian ini maka perlu dibuat batasan masalah yaitu menggunakan data dari Profil Kesehatan Kota Surabaya tahun 2014 yang dipublikasikan oleh Dinas Kesehatan Kota Surabaya dan data dari BPS Kota Surabaya. Pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel *Adaptive Bisquare*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Tuberculosis (TB)

TB merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Menurut Departemen Kesehatan RI (2009), Tuberculosis dibedakan menjadi dua klasifikasi, yaitu Tuberculosis paru dan Tuberculosis ekstra paru. Tuberculosis dapat menyerang siapa saja, baik pada balita, remaja, orang dewasa dan lansia. Tuberculosis dapat menyebabkan kematian apabila tidak segera diobati, dimana 50% dari pasien penderita Tuberculosis akan meninggal setelah 5 tahun.

Penularan dari penyakit tuberkulosis dapat terjadi melalui udara pada waktu percikan dahak yang mengandung kuman tuberkulosis paru dibatukkan keluar, dihirup oleh orang sehat melalui jalan napas dan selanjutnya berkembang biak melalui paru-paru. Cara lain adalah dahak yang dibatukkan jatuh dulu ke tanah, mengering dan debu yang mengandung kuman beterbangan kemudian dihirup oleh orang sehat dan masuk ke dalam paru-paru. Cara penularan ini disebut sebagai *airborne disease*. Sebagian besar manusia yang terinfeksi (80 – 90 %) belum tentu menjadi sakit tuberkulosis, disebabkan adanya kekebalan tubuh. Untuk menjadi sakit, dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain keadaan sosial ekonomi, kemiskinan, kekurangan gizi, rendahnya tingkat pendidikan dan kepadatan penduduk (WHO, 2011). Selain itu berdasarkan laporan WHO (2012) menyebutkan bahwa dari 1,4 juta kasus TB yang baru diperkirakan sekitar satu juta diantaranya teridikasi negatif HIV dan 430.000 penderita TB terindikasi positif HIV.

2.2 Multikolinieritas

Salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam pembentukan model regresi dengan beberapa variabel adalah tidak adanya kasus mutikolinieritas. Multikolinieritas adalah suatu kondisi terdapatnya hubungan linier yang sempurna atau tinggi diantara

beberapa atau semua variabel prediktor. Dalam model regresi, adanya korelasi antar variabel prediktor menyebabkan estimasi parameter regresi yang dihasilkan akan memiliki eror yang sangat besar (Gujarati, 2004). Pendeteksian kasus multikolinieritas menurut Hocking (1996) dapat dilihat melalui beberapa cara yaitu sebagai berikut:

1. Jika koefisien korelasi Pearson (r_{ij}) antar variabel prediktor lebih tinggi dari 0,95 maka terdapat korelasi antar variabel tersebut.
2. Nilai VIF (*Varian Inflation Factor*) lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antar variabel prediktor. Nilai VIF dinyatakan sebagai berikut:

$$VIF_k = \frac{1}{1 - R_k^2} \quad (2.1)$$

Dengan R_k^2 adalah koefisien determinasi antara variabel prediktor ke- k dengan variabel prediktor lainnya dimana $k=1,2,\dots,p$ dan p adalah jumlah variabel prediktor. Solusi untuk mengatasi adanya kasus multikolinieritas yaitu dengan mengeluarkan variabel prediktor yang tidak signifikan dalam model atau dengan cara mengelompokkan variabel yang saling berkorelasi cukup tinggi dalam sebuah komponen yang membentuk variabel baru yaitu menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA), sehingga mereduksi banyaknya dimensi regresi dan antar variabel baru tersebut tidak saling berkorelasi cukup tinggi.

2.3 Overdispersi

Regresi Poisson dikatakan overdispersi apabila nilai variansnya lebih besar dari nilai rata-ratanya. Jika pada data diskrit terjadi overdispersi dan tetap menggunakan regresi Poisson sebagai metode penyelesaiannya, maka akan diperoleh suatu kesimpulan yang tidak valid karena nilai *standart error* menjadi *underestimate*. Hal ini disebabkan karena parameter

koefisien regresi yang dihasilkan dari regresi Poisson tidak efisien meskipun koefisien regresinya tetap konsisten.

Overdispersi merupakan nilai dispersi *pearson Chi-square* atau *deviance* yang dibagi dengan derajat bebasnya, diperoleh nilai lebih besar dari 1. Misalkan θ merupakan parameter dispersi, maka jika $\theta > 1$ artinya terjadi overdispersi pada regresi Poisson, jika $\theta < 1$ artinya terjadi underdispersi dan jika $\theta = 1$ berarti tidak terjadi kasus over/underdispersi yang disebut dengan equidispersi (Famoye, Wulu, dan Singh, 2004).

2.4 Regresi Binomial Negatif

Model regresi Binomial Negatif dapat digunakan untuk memodelkan data diskrit yang mengalami overdispersi karena distribusi Binomial Negatif merupakan perluasan dari distribusi Poisson-Gamma yang memuat parameter dispersi θ (Hilbe, 2011). Untuk membentuk model regresi pada distribusi *mixture* Poisson-

Gamma dinyatakan dalam bentuk $\mu = \alpha\beta$ dan $\theta = \frac{1}{\alpha}$ sehingga diperoleh mean dan varians dalam bentuk : $E(Y) = \mu$ dan $V(Y) = \mu(1 + \theta\mu)$ dengan fungsi distribusi Binomial Negatif :

$$f(y, \mu, \theta) = \frac{\Gamma\left(y + \frac{1}{\theta}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\theta}\right)y!} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu}\right)^{\frac{1}{\theta}} \left(\frac{\theta\mu}{1 + \theta\mu}\right)^y \quad (2.2)$$

$$y = 0, 1, 2, \dots$$

$$\text{dengan } \Gamma\left(\frac{1}{\theta}\right) = \int_0^{\infty} y^{\frac{1}{\theta}-1} e^{-y} dy$$

Saat $\theta = 0$ maka distribusi binomial negatif memiliki varians $V[Y] = \mu$. Distribusi binomial negatif akan mendekati suatu distribusi poisson yang mengasumsikan mean dan varians sama yaitu $E[Y] = V[Y] = \mu$. Kontribusi variabel prediktor dalam model regresi Binomial Negatif dinyatakan dalam bentuk

kombinasi linier antara parameter (μ) dengan parameter regresi yang akan diestimasi yaitu :

$$\mu_i = \exp \left[\beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik} \right] \quad (2.3)$$

Dengan $i=1,2,\dots,n$ dimana n adalah banyaknya observasi dan p adalah banyaknya variabel prediktor.

2.4.1 Estimasi Parameter Regresi Binomial Negatif (RBN)

Estimasi parameter model regresi binomial negatif dilakukan dengan menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) yaitu dengan cara memaksimumkan fungsi *likelihood* (Hilbe,2011). Fungsi *likelihood* dari regresi binomial negatif yaitu.

$$L(\boldsymbol{\beta}, \theta) = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta)}{\Gamma(1/\theta) y_i!} \left(\frac{1}{1 + \theta \mu_i} \right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right)^{y_i} \quad (2.4)$$

$$\text{dengan } \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)} = \prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \theta^{-1})$$

$$L(\boldsymbol{\beta}, \theta) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \theta^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left(\frac{1}{1 + \theta \mu_i} \right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right)^{y_i}$$

$$\ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\} = \sum_{i=1}^n \left[\left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln(\theta \mu_i) - \right.$$

$$\left. (\theta^{-1} + y_i) \ln(1 + \theta \mu_i) \right]$$

Turunan pertama dari fungsi log-*likelihood* terhadap koefisien $\boldsymbol{\beta}$ adalah :

$$\frac{\partial \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_0} = \sum_{i=1}^n \left[y_i - (y_i + \theta^{-1}) \left(\frac{\theta \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right) \right]$$

$$= \sum_{i=1}^n \left[\frac{y_i - \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right]$$

$$\vdots$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_p} &= \sum_{i=1}^n \left[y_i x_{ip} - (y_i + \theta^{-1}) \left(\frac{\theta \mu_i x_{ip}}{1 + \theta \mu_i} \right) \right] \\
&= \sum_{i=1}^n \left[\frac{(y_i - \mu_i) x_{ip}}{1 + \theta \mu_i} \right] \\
&= \sum_{i=1}^n \left[\frac{\mu_i}{1 + \theta \mu_i} \frac{(y_i - \mu_i) x_{ip}}{\mu_i} \right] \\
&= \sum_{i=1}^n \left[x_{ip} \frac{\mu_i}{1 + \theta \mu_i} \frac{(y_i - \mu_i)}{\mu_i} \right] \\
&= \sum_{i=1}^n [x_{ip} w_i z_i]
\end{aligned}$$

Bentuk persamaan matriks dari turunan pertama fungsi *log-likelihood* terhadap parameter β yaitu : $\mathbf{q} = \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{z}$, dengan \mathbf{X} adalah matriks ($n \times (p+1)$) dari variabel prediktor, \mathbf{W} adalah matriks *weight* diagonal ke- i yang berukuran $n \times n$ dan \mathbf{z} adalah vektor matriks dengan baris ke- i , dengan masing-masing elemennya adalah :

$$w_i = \frac{\mu_i}{1 + \theta \mu_i} \text{ dan } z_i = \frac{(y_i - \mu_i)}{\mu_i} \quad \text{dengan } i=1, 2, \dots, n$$

Turunan pertama dari fungsi *log-likelihood* terhadap parameter dispersi θ adalah :

$$\begin{aligned}
g'(\theta) &= \frac{\partial \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \theta} \\
&= \sum_{i=1}^n \left[-\theta^{-2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{r + \theta^{-1}} + \frac{y_i}{\theta} + \theta^{-2} \ln(1 + \theta \mu_i) - \frac{(\theta^{-1} + y_i) \mu_i}{1 + \theta \mu_i} \right] \\
&= \sum_{i=1}^n \left[-\theta^{-2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{1}{r + \theta^{-1}} + \frac{y_i}{\theta} + \theta^{-2} \ln(1 + \theta \mu_i) + \frac{y_i - \mu_i}{\theta(1 + \theta \mu_i)} \right]
\end{aligned}$$

Turunan parsial kedua fungsi log-likelihood terhadap parameter koefisien regresi β adalah :

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_0^2} &= -\sum_{i=1}^n \left[\frac{(1 + \theta y_i) \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_0 \partial \beta_k} &= -\sum_{i=1}^n \left[\frac{-\mu_i x_{ik} (1 + \theta \mu_i) - (y_i - \mu_i)(x_{ik} \theta \mu_i)}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_0 \partial \beta_k} &= -\sum_{i=1}^n \left[\frac{(1 + \theta y_i) x_{ik} \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right]\end{aligned}$$

Misalkan turunan parsial pertama dari $L(\boldsymbol{\beta}, \theta)$ terhadap β_k , $k \leq p$ adalah :

$$\frac{\partial \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_k} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(y_i - \mu_i) x_{ik}}{1 + \theta \mu_i} \right], \text{ maka turunan parsial kedua}$$

terhadap β_u , $u \leq k$ adalah :

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_u \partial \beta_k} &= \sum_{i=1}^n \left[\frac{-\mu_i x_{iu} x_{ik} (1 + \theta \mu_i) - (y_i - \mu_i)(x_{iu} x_{ik} \theta \mu_i)}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right] \\ \frac{\partial^2 \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_u \partial \beta_k} &= -\sum_{i=1}^n \left[\frac{(1 + \theta y_i) x_{iu} x_{ik} \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)^2} \right]\end{aligned}$$

Ekspektasi dari turunan kedua log-likelihood adalah :

$$E\left(-\frac{\partial^2 \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \beta_u \partial \beta_k}\right) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{x_{iu} x_{ik} \mu_i}{(1 + \theta \mu_i)} \right] \quad (2.5)$$

Jika persamaan (2.5) dinyatakan dalam matriks \mathbf{I} yaitu matriks yang mengandung ekspektasi negatif dari turunan kedua log-likelihood maka :

$$\mathbf{I} = \mathbf{X}^T \mathbf{W} \mathbf{X}$$

Dengan \mathbf{X} adalah matriks dari variabel prediktor, \mathbf{W} adalah matriks *weight* diagonal ke-I dengan elemen : $w_i = \frac{\mu_i}{1 + \theta\mu_i}$

Turunan kedua fungsi loh-*likelihood* terhadap parameter dispersi θ adalah :

$$\begin{aligned} f''(\theta) &= \frac{\partial^2 \ln\{L(\boldsymbol{\beta}, \theta)\}}{\partial \theta^2} \\ &= \sum_{i=1}^n \left[\theta^{-3} \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{(2r + \theta^{-1})}{(r + \theta^{-1})^2} - 2\theta^{-3} \ln(1 + \theta\mu_i) \right. \\ &\quad \left. + \frac{-\theta^2 \mu_i}{(1 + \theta\mu_i)} - \frac{(y_i - \mu_i)(1 + 2\theta\mu_i)}{(\theta + \theta^2 \mu_i)^2} \right] \end{aligned}$$

Langkah estimasi parameter regresi binomial negatif dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Menentukan estimasi awal θ , misal $\hat{\theta}_1 = 0,1$
2. Menentukan estimasi maksimum *likelihood* dari parameter $\boldsymbol{\beta}$ menggunakan prosedur iterasi Fisher scoring dengan asumsi $\theta = \hat{\theta}_1$

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{j+1} = \hat{\boldsymbol{\beta}}_j + (\mathbf{X}^T \mathbf{W}_j \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{W}_j \mathbf{z}_j$$

Iterasi berakhir jika diperoleh $\|\hat{\boldsymbol{\beta}}_{j+1} - \hat{\boldsymbol{\beta}}_j\| \leq \varepsilon$, dengan $j=1,2,\dots$

3. Menggunakan $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ untuk menghasilkan estimasi dari parameter θ dengan menggunakan prosedur iterasi Newton-Raphson satu variabel, iterasi berakhir jika diperoleh $|\hat{\theta}_{j+1} - \hat{\theta}_j| \leq \varepsilon$

$$\hat{\theta}_{j+1} = \hat{\theta}_j - \frac{f'(\theta_j)}{f''(\theta_j)}$$

4. Jika $|\hat{\theta}_{j+1} - \hat{\theta}_j| \leq \varepsilon$ selesai; bila tidak, gunakan parameter $\theta = \hat{\theta}_{j+1}$ dan kembali ke langkah 2, nilai ε merupakan bilangan positif yang sangat kecil.

2.4.2 Pengujian Parameter Regresi Binomial Negatif

Pengujian signifikansi secara serentak untuk estimasi parameter model regresi Binomial Negatif menggunakan uji devians dengan hipotesis sebagai berikut (Hosmer dan Lemeshow, 1995).

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k \neq 0; k=1,2,\dots,p$$

Statistik Uji:

$$G^2 = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2 \left(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega}) \right) \quad (2.6)$$

dengan $L(\hat{\Omega})$ dan $L(\hat{\omega})$ sebagai berikut.

$$L(\hat{\Omega}) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \hat{\theta}^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left(\frac{1}{1 + \hat{\theta}\hat{\mu}_i} \right)^{1/\hat{\theta}} \left(\frac{\hat{\theta}\hat{\mu}_i}{1 + \hat{\theta}\hat{\mu}_i} \right)^{y_i}$$

$$\ln L(\hat{\Omega}) = \sum_{i=1}^n \left[\left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \hat{\theta}^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \hat{\theta}\mu_i - (y_i + \hat{\theta}^{-1}) \ln(1 + \hat{\theta}\mu_i) \right]$$

dengan $\hat{\mu}_i = \exp \left(\sum_{k=0}^p \hat{\beta}_k x_{ik} \right)$

$$L(\hat{\omega}) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \hat{\theta}^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left(\frac{1}{1 + \hat{\theta}\hat{\mu}_i} \right)^{1/\hat{\theta}} \left(\frac{\hat{\theta}\hat{\mu}_i}{1 + \hat{\theta}\hat{\mu}_i} \right)^{y_i}$$

$$\ln L(\hat{\omega}) = \sum_{i=1}^n \left[\left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \hat{\theta}^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \hat{\theta}\mu_i - (y_i + \hat{\theta}^{-1}) \ln(1 + \hat{\theta}\mu_i) \right]$$

dengan $\hat{\mu}_i = \exp(\hat{\beta}_0)$, dimana

G^2 = nilai devians model Regresi Binomial Negatif

$L(\hat{\omega})$ = nilai *likelihood* untuk model sederhana tanpa melibatkan variabel prediktor

$L(\hat{\Omega})$ = nilai *likelihood* untuk model lengkap dengan melibatkan variabel prediktor

Tolak H_0 jika nilai statistik uji $G^2 > \chi^2_{(\alpha, p)}$

Pengujian signifikansi secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0: \beta_k = 0$

$H_1: \beta_k \neq 0 ; k=1, 2, \dots, p$

Statistik Uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k}{se(\hat{\beta}_k)} \quad (2.7)$$

dengan $k=1, 2, \dots, p$, $\hat{\beta}_k$ merupakan taksiran parameter β_k , $se(\hat{\beta}_k)$ merupakan standar error dari $\hat{\beta}_k$ yang diperoleh dengan

rumus $se(\hat{\beta}_k) = \sqrt{Var(\hat{\beta}_k)}$, $Var(\hat{\beta}_k)$ merupakan elemen

diagonal ke $j+1$ pada matriks varians kovarians $\hat{\beta}_k$ yaitu

$V(\hat{\beta}_k) = -E\left(\left[\mathbf{H}(\hat{\beta}_k)\right]^{-1}\right)$. H_0 ditolak jika statistik uji $Z_{hit} > Z_{\alpha/2}$.

Tolak H_0 artinya bahwa parameter ke- k signifikan terhadap model regresi Binomial Negatif.

2.5 Pengujian Aspek Data Spasial

Regresi spasial merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor dengan memperhatikan aspek lokasi atau spasial. Aspek spasial yang dimaksud adalah data yang digunakan memiliki *error* saling berkorelasi dan memiliki heterogenitas spasial (Anselin, 1988).

2.5.1 Pengujian Dependensi Spasial

Pengujian dependensi spasial dilakukan untuk melihat apakah pengamatan disuatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan dilokasi lain yang letaknya berdekatan. Pengujian dependensi spasial dilakukan menggunakan statistik uji Moran's I dengan hipotesis sebagai berikut .

$H_0 : I = 0$ (tidak terdapat dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (terdapat dependensi spasial)

Statistik uji :

$$Z_{hit} = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{Var(\hat{I})}} \quad (2.8)$$

Dengan,

Z_I = nilai statistik uji Indeks Morans'I

I = Indeks Morans'I

$E(\hat{I})$ = nilai harapan dari indeks Moran's I = $-\frac{1}{n-1}$

$Var(\hat{I})$ = varians dari indeks Moran's I

$$\hat{I} = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dimana,

n = banyak pengamatan

\bar{y} = nilai rata-rata dari y_i dari n lokasi

y_i = nilai lokasi pengamatan pada lokasi ke- i

y_j = nilai pengamatan pada lokasi ke- j

w_{ij} = elemen matriks pembobot spasial

Tolak H_0 jika nilai $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$ yang berarti bahwa terdapat dependensi spasial dalam model.

2.5.2 Pengujian Heterogenitas Spasial

Pengujian heterogenitas spasial dilakukan untuk melihat apakah terdapat kekhasan pada setiap lokasi pengamatan, sehingga parameter regresi yang dihasilkan berbeda-beda secara spasial. Pengujian heterogenitas spasial dilakukan menggunakan statistik uji Breusch-Pagan (BP) dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$ (varians antarlokasi sama)

H_1 : minimal ada satu $\sigma_i^2 \neq \sigma^2$ (varians antarlokasi berbeda)

Statistik uji:

(2.9)

$$BP = (1/2)\mathbf{f}^T \mathbf{Z}(\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f}$$

dengan,

elemen vektor $f=(f_1, f_2, \dots, f_n)$ adalah $f_i = \left(\frac{e_i^2}{\hat{\sigma}^2} - 1 \right)$

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 / n$$

\mathbf{Z} = matriks berukuran $n \times (p+1)$ berisi vektor yang sudah di normal standardkan untuk setiap observasi.

Keputusan : Tolak H_0 jika nilai $BP > \chi^2_{(\alpha, p)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$ yang berarti terjadi heterogenitas dalam model.

2.6 Model Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)

Model GWNBR akan menghasilkan parameter lokal dengan masing-masing lokasi akan memiliki parameter yang berbeda-beda. Model GWNBR dapat dirumuskan sebagai berikut (Ricardo dan Carvalho, 2013).

$$y_i \sim NB \left[\exp \left(\sum_{k=0}^p \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} \right), \theta(u_i, v_i) \right] \quad (2.10)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

dimana,

y_i : nilai observasi respon ke- i

x_{ik} : nilai observasi variabel prediktor ke- k pada pengamatan lokasi (u_i, v_i)

$\beta_k(u_i, v_i)$: koefisien regresi variabel prediktor ke- k untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

$\theta(u_i, v_i)$: parameter dispersi untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

Fungsi sebaran Binomial negatif untuk setiap lokasi dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$f(y_i | \mathbf{x}_{ik} \beta_k(u_i, v_i), \theta(u_i, v_i)) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i})}{\Gamma(\frac{1}{\theta_i}) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i + \mu_i} \right)^{\frac{1}{\theta_i}} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \quad (2.11)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

dimana, $\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$

$$\theta_i = \theta(u_i, v_i)$$

dengan $\mathbf{x}_i = [x_{i1} \ x_{i2} \ \dots \ x_{ip}]^T$

dan $\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) = [\beta_0(u_i, v_i) \ \beta_1(u_i, v_i) \ \dots \ \beta_p(u_i, v_i)]^T$

2.6.1 Estimasi Parameter Model GWNBR

Penaksir parameter koefisien GWNBR dilakukan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation (MLE)*. Fungsi *Likelihood*nya adalah sebagai berikut (Ricardo dan Carvalho, 2013).

$$L(\boldsymbol{\beta}(\mu_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \prod_{i=1}^n \left[\frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \right] \quad (2.12)$$

$$= \prod_{i=1}^n \left(\frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i) \Gamma(y_i + 1)} \right) \left(\prod_{i=1}^n \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \right) \left(\prod_{i=1}^n \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \right)$$

Diketahui bahwa $\frac{\Gamma(y_i + c)}{\Gamma(c)} = c(c+1)(c+2) \dots (c+y-1)$, sehingga

diperoleh :

$$\frac{\Gamma(y_i + \theta_i^{-1})}{\Gamma(\theta_i^{-1})} = \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \left(\frac{1}{\theta_i} + 1 \right) \left(\frac{1}{\theta_i} + 2 \right) \dots \left(\frac{1}{\theta_i} + y_i - 1 \right)$$

$$= \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \left(\frac{1}{\theta_i} \right) (1 + \theta_i) \left(\frac{1}{\theta_i} \right) (1 + 2\theta_i) \dots \left(\frac{1}{\theta_i} \right) (1 + (y_i - 1)\theta_i)$$

$$= \prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \theta_i^{-1})$$

Maka fungsi *likelihood* $L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i)$ jika disederhanakan adalah sebagai berikut :

$$L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \theta_i^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i}$$

Kemudian fungsi *likelihood* tersebut diubah dalam bentuk logaritma natural menjadi :

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) &= \sum_{i=1}^n \left[\left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + \theta_i^{-1} \ln(1 + \theta_i \mu_i) + y_i \ln \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right) \right] \\ &= \sum_{i=1}^n \left[\left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \theta_i \mu_i - (y_i + \theta_i^{-1}) \ln(1 + \theta_i \mu_i) \right] \end{aligned}$$

Dengan $\mu_i = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$ maka diperoleh bentuk lain dari persamaan logaritma fungsi *likelihood* menjadi :

$$\ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \sum_{i=1}^n [a + b - c]$$

Faktor letak geografis merupakan faktor pembobot pada model GWNBR yang memiliki nilai yang berbeda-beda untuk setiap lokasi dan menunjukkan sifat lokal pada model. Oleh karena itu pembobot diberikan pada bentuk persamaan *ln-likelihood* untuk model GWNBR, sehingga diperoleh bentuk persamaan dibawah ini:

$$\ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i) = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) [a + b - c] \quad (2.13)$$

Dengan keterangan :

$$a = \left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \theta^{-1}) \right) - \ln(y_i!)$$

$$b = y_i \ln(\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))$$

$$c = (y_i + \theta_i^{-1}) \ln(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))$$

Faktor pembobot untuk setiap lokasi berbeda-beda. Fungsi pembobot yang digunakan adalah fungsi Kernel *adaptive Bi-square* yang dapat ditulis sebagai berikut.

$$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i}\right)^2\right)^2, & \text{untuk } d_{ij} \leq h_i \\ 0, & \text{untuk } d_{ij} > h_i \end{cases} \quad (2.14)$$

dimana,

h_i = parameter non-negatif yang diketahui dan biasanya disebut parameter penghalus (*bandwidth*).

d_{ij} = jarak Euclidean (d_{ij}) antara lokasi ke- i dan lokasi ke- j

Dengan persamaan:

$$d_{ij} = \sqrt{(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2} \quad (2.15)$$

dimana,

u_i = Lintang (longitude) kecamatan ke- i

u_j = Lintang (longitude) kecamatan ke- j

v_i = Bujur (latitude) kecamatan ke- i

v_j = Bujur (latitude) kecamatan ke- j

Pemilihan *bandwidth* optimum menjadi sangat penting karena akan mempengaruhi ketepatan model terhadap data, yaitu mengatur varians dan bias dari model. Oleh karena itu, digunakan metode meminimumkan nilai *Cross validation* (CV) untuk *bandwidth* yang optimum, yang dirumuskan sebagai berikut.

$$CV(b) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(b))^2 \quad (2.16)$$

Dimana $\hat{y}_{\neq i}(b)$ merupakan nilai penaksir y_i dengan pengamatan lokasi (u_i, v_i) dihilangkan dari proses penaksiran.

Selanjutnya turunan pertama dari logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter dispersi θ adalah :

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i)}{\partial \theta_i} = \sum_{i=1}^n w_j(u_i, v_i) \left[\frac{\partial a}{\partial \theta_i} + \frac{\partial b}{\partial \theta_i} - \frac{\partial c}{\partial \theta_i} \right]$$

$$\frac{\partial a}{\partial \theta_i} = -\theta^{-2} \sum_{r=0}^{y_i-1} \left(\frac{1}{r + \theta_i^{-1}} \right)$$

$$\frac{\partial b}{\partial \theta_i} = y_i \frac{1}{\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \left(\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right) = \frac{y_i}{\theta_i}$$

$$\frac{\partial c}{\partial \theta_i} = \left(-\frac{\ln(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))}{\theta_i^2} + \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right)$$

$$= (-d + e)$$

Dimana,

$$d = \frac{\ln(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))}{\theta_i^2} \text{ dan } e = \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}$$

$$\text{Sehingga } \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i)}{\partial \theta_i} = \sum_{i=1}^n w_j(u_i, v_i) \left[\frac{\partial a}{\partial \theta_i} + \frac{\partial b}{\partial \theta_i} + d - e \right]$$

Turunan kedua dari logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter dispersi θ adalah :

$$\frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i)}{\partial \theta_i^2} = \sum_{i=1}^n w_j(u_i, v_i) \left[\frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial \theta_i^2} \right]$$

Dengan keterangan :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 a}{\partial \theta_i^2} &= \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{2\theta^{-3} (r + \theta_i^{-1}) - \theta^{-4}}{(r + \theta_i^{-1})^2} \\ &= \sum_{r=0}^{y_i-1} \frac{2\theta^{-3} r + 2\theta_i^{-4} - \theta^{-4}}{(r + \theta_i^{-1})^2} \end{aligned}$$

$$= \sum_{r=0}^{y_i-1} \theta^{-3} \frac{(2r + \theta_i^{-1})}{(r + \theta_i^{-1})^2}$$

$$\frac{\partial^2 b}{\partial \theta_i^2} = -\frac{y_i}{\theta_i^2}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 c}{\partial \theta_i^2} = & 2 \left(\frac{\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))) \theta_i^2} \right) - \frac{2 \ln(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))}{\theta_i^3} \\ & + \frac{(\exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))^2} \end{aligned}$$

Sehingga untuk mendapatkan $\hat{\beta}_0(u_i, v_i), \hat{\beta}_1(u_i, v_i), \dots, \hat{\beta}_p(u_i, v_i)$ yang merupakan estimasi parameter dari setiap lokasi maka bentuk persamaan $\ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i)$ diturunkan terhadap $\hat{\beta}_0(u_i, v_i), \hat{\beta}_1(u_i, v_i), \dots, \hat{\beta}_p(u_i, v_i)$ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} &= \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\partial a}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} + \frac{\partial b}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} - \frac{\partial c}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} \right] \\ \frac{\partial a}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} &= 0 \\ \frac{\partial b}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} &= y_i \\ \frac{\partial c}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} &= \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) (\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \end{aligned}$$

Sehingga, dengan mensubstitusikan nilai-nilai di atas dan disederhanakan akan menjadi :

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_0(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[y_i - \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) (\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)))}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right]$$

Selanjutnya,

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} &= \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\partial a}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} + \frac{\partial b}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} - \frac{\partial c}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} \right] \\ \frac{\partial a}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} &= 0 \\ \frac{\partial b}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} &= y_i x_{1i} \\ \frac{\partial c}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} &= \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) (\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) x_{1i})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))}\end{aligned}$$

Dengan mensubstitusikan nilai-nilai di atas dan disederhanakan menjadi :

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_1(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[y_i x_{1i} - \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) (\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) x_{1i})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right]$$

Bentuk umum turunan pertama fungsi *likelihood* terhadap $\beta_k(u_i, v_i)$ adalah :

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_k(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[y_i x_{ki} - \frac{(y_i + \theta_i^{-1}) (\theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) x_{ki})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right]$$

Turunan parsial kedua logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter regresi $\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)$ adalah :

$$\frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\partial b}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} - \frac{\partial c}{\partial \boldsymbol{\beta}^T(u_i, v_i) \partial \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)} \right]$$

Misal fungsi *likelihood* diturunkan terhadap $\beta_0(u_i, v_i)$ dan $\beta_1(u_i, v_i)$ maka,

$$\frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_0(u_i, v_i) \partial \beta_1(u_i, v_i)} = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\partial b}{\partial \beta_0(u_i, v_i) \partial \beta_1(u_i, v_i)} - \frac{\partial c}{\partial \beta_0(u_i, v_i) \partial \beta_1(u_i, v_i)} \right]$$

Dimana

$$\begin{aligned} \frac{\partial b}{\partial \beta_0(u_i, v_i) \partial \beta_1(u_i, v_i)} &= 0 \\ \frac{\partial c}{\partial \beta_0(u_i, v_i) \partial \beta_1(u_i, v_i)} &= \left[- \frac{\left(\theta_i^2 x_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{\left(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2} \right. \\ &\quad \left. + \frac{\theta_i x_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) (y_i + \theta_i^{-1})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right] \end{aligned}$$

Sehingga bentuk umum dari turunan kedua logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter regresi $\beta_0(u_i, v_i)$ dan $\beta_k(u_i, v_i)$ adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_0(u_i, v_i) \partial \beta_k(u_i, v_i)} &= \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\left(\theta_i^2 x_{ik} \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{\left(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{\left(\theta_i x_{ik} \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right) (y_i + \theta_i^{-1})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right] \end{aligned}$$

Dan bentuk umum dari turunan kedua logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter regresi $\beta_k(u_i, v_i)$ dan $\beta_k(u_i, v_i)$ adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_k(u_i, v_i) \partial \beta_k(u_i, v_i)} &= \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\left(\theta_i^2 x_{ik} \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{\left(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2} \right. \\ &\quad \left. - \frac{\left(\theta_i x_{ik}^2 \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right) (y_i + \theta_i^{-1})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))} \right] \end{aligned}$$

Turunan parsial kedua logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter regresi $\beta(u_i, v_i)$ dan parameter dispersi θ_i adalah:

$$\frac{\partial^2 \ln L(\beta(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta(u_i, v_i) \partial \theta_i} = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\partial b}{\partial \beta(u_i, v_i) \partial \theta_i} - \frac{\partial c}{\partial \beta(u_i, v_i) \partial \theta_i} \right]$$

Misal fungsi *likelihood* diturunkan terhadap $\beta_1(u_i, v_i)$ dan θ_i maka

$$\frac{\partial^2 \ln L(\beta(u_i, v_i) | y_i, x_i)}{\partial \beta_1(u_i, v_i) \partial \theta_i} = \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{\partial b}{\partial \beta_1(u_i, v_i) \partial \theta_i} - \frac{\partial c}{\partial \beta_1(u_i, v_i) \partial \theta_i} \right]$$

Dimana

$$\begin{aligned} \frac{\partial b}{\partial \beta_1(u_i, v_i) \partial \theta_i} &= 0 \\ \frac{\partial c}{\partial \beta_1(u_i, v_i) \partial \theta_i} &= - \frac{\left(x_1 \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i)) \right)^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i))) \theta_i} \\ &\quad + \frac{x_1 \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i)) (y_i + \theta_i^{-1})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i))} \\ &\quad - \frac{\left(\theta_i x_1 \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i)) \right)^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i))^2} \end{aligned}$$

Sehingga bentuk umum dari turunan kedua logaritma fungsi *likelihood* terhadap parameter regresi $\beta_i(u_i, v_i)$ dan θ_i adalah

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \ln L(\beta(u_i, v_i), \theta_i | y_i, x_i)}{\partial \beta_i(u_i, v_i) \partial \theta_i} &= \sum_{i=1}^n w_i(u_i, v_i) \left[\frac{x_i \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i))}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i))) \theta_i} \right. \\ &\quad \left. - \frac{(x_{i1} \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i))) (y_i + \theta_i^{-1})}{(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \beta(u_i, v_i)))} \right] \end{aligned}$$

$$+ \frac{\left(\theta_i x_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2 (y_i + \theta_i^{-1})}{\left(1 + \theta_i \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)) \right)^2} \Bigg]$$

Turunan-turunan dari persamaan log-likelihood di atas jika dinyatakan dalam bentuk matriks menjadi :

$$\mathbf{g}^T(\boldsymbol{\beta}_{(m)}) = \left[\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)|y_i, x_i)}{\partial \theta}, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)|y_i, x_i)}{\partial \beta_0}, \dots, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)|y_i, x_i)}{\partial \beta_p} \right]$$

Proses estimasi parameter koefisien regresi diperoleh melalui metode iterasi numerik yaitu metode iterasi numerik Newton Raphson. Metode Newton Raphson digunakan untuk menemukan solusi dari fungsi log-likelihood sehingga diperoleh nilai yang cukup konvergen untuk dijadikan sebagai estimasi bagi masing-masing parameter. Algoritma metode Newton Raphson sebagai berikut:

1. Menentukan nilai estimasi awal parameter

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)} = [\theta_0 \quad \beta_{00} \quad \dots \quad \beta_{p0}], \text{ iterasi pada saat } m=0$$

2. Membentuk vektor \mathbf{g}

$$\mathbf{g}^T(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)})_{(p+1)} = \left[\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)|y_i, x_i)}{\partial \theta}, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)|y_i, x_i)}{\partial \beta_0}, \dots, \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i)|y_i, x_i)}{\partial \beta_p} \right]_{\boldsymbol{\beta}=\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}}$$

3. Membentuk matriks Hessian \mathbf{H} yang elemennya adalah :

$$\mathbf{H}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)})_{(p+2)(p+2)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta^2} & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta \partial \beta_0} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta \partial \beta_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0^2} & \dots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_p^2} \end{bmatrix}_{\boldsymbol{\beta}=\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}}$$

4. Melakukan iterasi mulai dari $m=0$ pada persamaan :

$$\hat{\beta}_{(m+1)} = \hat{\beta}_{(m)} - \mathbf{H}_{(m)}^{-1}(\hat{\beta}_{(m)}) \mathbf{g}_{(m)}(\hat{\beta}_{(m)})$$

5. Proses iterasi dapat dihentikan ketika nilai estimasi yang diperoleh sudah konvergen ke suatu nilai atau $\hat{\beta}_{(m+1)} \approx \hat{\beta}_{(m)}$
6. Jika belum mencapai penaksir parameter yang konvergen maka pada langkah ke-2 diulangi hingga konvergen. Penaksir parameter yang konvergen diperoleh jika $\|\hat{\beta}_{(m+1)} - \hat{\beta}_{(m)}\| < \varepsilon, \varepsilon$ merupakan bilangan yang sangat kecil.

2.6.2 Pengujian Kesamaan Model GWNBR dengan Regresi Binomial Negatif

Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi Binomial Negatif dilakukan untuk melihat terdapat perbedaan yang signifikan atau tidak antara model GWNBR dengan regresi Binomial Negatif dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k, i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, p$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Statistik Uji:

$$F_{hit} = \frac{DeviansModelA / dfA}{DeviansModelB / dfB} \quad (2.17)$$

Dimisalkan model A adalah model Binomial Negatif dan model B adalah model GWNBR. Tolak H_0 jika nilai $F_{hit} > F_{(\alpha, df A, df B)}$ yang artinya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara model Binomial Negatif dengan model GWNBR (Ricardo dan Carvalho, 2013).

2.6.3 Pengujian Parameter Model GWNBR

Pengujian signifikan parameter model GWNBR terdiri dari uji serentak dan parsial. Uji signifikansi secara serentak dengan menggunakan *Maximum Likelihood Ratio Test* (MLRT) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0, i=1, 2, \dots, n$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k=1, 2, \dots, p$$

Statistik Uji:

$$G^2 = -2 \ln \left(\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right) = 2 \left(\ln L(\hat{\Omega}) - \ln L(\hat{\omega}) \right) \quad (2.18)$$

dengan $L(\hat{\Omega})$ dan $L(\hat{\omega})$ sebagai berikut.

$$L(\hat{\Omega}) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left(\frac{1}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)^{1/\hat{\theta}_i} \left(\frac{\hat{\theta}_i \hat{\mu}_i}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)^{y_i}$$

$$\ln L(\hat{\Omega}) = \sum_{i=1}^n \left[\left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \hat{\theta}_i \mu_i - (y_i + \hat{\theta}_i^{-1}) \ln(1 + \hat{\theta}_i \mu_i) \right]$$

Dengan $\hat{\mu}_i = \exp \left(\sum_{k=0}^p \hat{\beta}_k(u_i, v_i) x_{ik} \right)$

$$L(\hat{\omega}) = \prod_{i=1}^n \left(\prod_{r=0}^{y_i-1} (r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) \frac{1}{(y_i!)} \left(\frac{1}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)^{1/\hat{\theta}_i} \left(\frac{\hat{\theta}_i \hat{\mu}_i}{1 + \hat{\theta}_i \hat{\mu}_i} \right)^{y_i}$$

$$\ln L(\hat{\omega}) = \sum_{i=1}^n \left[\left(\sum_{r=0}^{y_i-1} \ln(r + \hat{\theta}_i^{-1}) \right) - \ln(y_i!) + y_i \ln \hat{\theta}_i \mu_i - (y_i + \hat{\theta}_i^{-1}) \ln(1 + \hat{\theta}_i \mu_i) \right]$$

dengan $\hat{\mu}_i = \exp(\hat{\beta}_0(u_i, v_i))$

Tolak H_0 jika nilai statistik uji $G^2 > \chi^2_{(p, \alpha)}$

Pengujian signifikansi secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon pada tiap- tiap lokasi dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0 ; k=1, 2, \dots, p$$

Statistik Uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{\beta}_k(u_i, v_i)}{se(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))} \quad (2.19)$$

dengan $k=1, 2, \dots, p$, $\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$ merupakan taksiran parameter $\beta_k(u_i, v_i)$, $se(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))$ merupakan standar error dari

$\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$ yang diperoleh dengan rumus $se(\widehat{\beta}_k(u_i, v_i)) = \sqrt{\widehat{Var}(\widehat{\beta}_k(u_i, v_i))}$, $\widehat{Var}(\widehat{\beta}_k(u_i, v_i))$ merupakan elemen diagonal ke $j+1$ pada matriks varians kovarians $\hat{\beta}_k(u_i, v_i)$ yaitu $\mathbf{V}(\hat{\beta}_k(u_i, v_i)) = -E\left(\left[\mathbf{H}(\hat{\beta}_k(u_i, v_i))\right]^{-1}\right)$. H_0 ditolak jika nilai statistik uji $|Z_{\text{hit}}| > Z_{(\alpha/2)}$. Tolak H_0 artinya bahwa parameter tersebut berpengaruh signifikan terhadap variabel respon di tiap lokasi (Ricardo dan Carvalho, 2013).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Kota Surabaya yaitu data Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2014 dan data dari BPS Kota Surabaya dengan unit observasi sebanyak 31 kecamatan di Surabaya.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu variabel respon (Y) dan variabel prediktor (X) dengan unit penelitian adalah 31 kecamatan di Surabaya tahun 2014. Variabel yang digunakan ini merupakan variabel dari penelitian sebelumnya dan juga mengacu pada laporan umum tuberculosis dari WHO. Seluruh variabel yang digunakan dalam penelitian ini berskala rasio. Berikut merupakan variabel yang akan digunakan:

Tabel 3.1. Variabel Penelitian

Kode	Keterangan
Y	Jumlah kasus TB per kecamatan
X ₁	Kepadatan Penduduk
X ₂	Persentase Rumah Tangga yang Memiliki Rumah Sehat
X ₃	Persentase Rumah Tangga Ber-PHBS
X ₄	Persentase Rumah Tangga Miskin
X ₅	Persentase Penderita HIV

Struktur data yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Stuktur Data

Kec			Variabel					
ke-	u	v	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	u ₁	v ₁	Y _{1,1}	X _{1,1}	X _{2,1}	X _{3,1}	X _{4,1}	X _{5,1}
2	u ₂	v ₂	Y _{1,2}	X _{1,2}	X _{2,2}	X _{3,2}	X _{4,2}	X _{5,2}
3	u ₃	v ₃	Y _{1,3}	X _{1,3}	X _{2,3}	X _{3,3}	X _{4,3}	X _{5,3}
.
.
.
31	u ₃₁	v ₃₁	Y _{1,31}	X _{1,31}	X _{2,31}	X _{3,31}	X _{4,31}	X _{5,31}

Berikut adalah definisi operasional dari variabel penelitian.

1. Jumlah kasus TB (Y) merupakan jumlah penderita TB yang tercatat di tiap kecamatan di Surabaya.
2. Kepadatan penduduk (X₁) merupakan hasil bagi dari jumlah penduduk terhadap luas wilayah di tiap kecamatan di Surabaya dalam satuan (jiwa/km²).
3. Persentase rumah tangga yang memiliki rumah sehat (X₂) merupakan hasil bagi antara jumlah rumah tangga yang memiliki rumah yang memenuhi indikator rumah sehat terhadap jumlah rumah yang dipantau dikalikan 100%. Indikator rumah sehat dapat dilihat dari beberapa kriteria yaitu dari keadaan rumah, sarana sanitasi dan perilaku penghuni.
4. Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) (X₃) merupakan hasil bagi dari jumlah rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat terhadap jumlah rumah tangga yang dipantau di tiap kecamatan dikalikan dengan 100%. Ada beberapa indikator bagi rumah tangga yang dinyatakan ber-PHBS yaitu pertolongan persalinan oleh tenaga kesehatan, bayi diberi ASI eksklusif, balita ditimbang setiap bulan, menggunakan air bersih, mencuci tangan dengan air bersih dan sabun, menggunakan jamban sehat, memberantas jentik di rumah sekali seminggu, makan sayur dan buah setiap hari, melakukan aktifitas fisik setiap hari dan tidak merokok di dalam rumah.

5. Persentase Rumah Tangga Miskin (X_4) merupakan hasil bagi antara rumah tangga yang dikategorikan sebagai rumah tangga miskin terhadap jumlah seluruh rumah tangga per kecamatan dikalikan 100%.
6. Presentase penduduk yang terkena HIV di setiap kecamatan (X_6) merupakan hasil bagi antara jumlah penduduk yang terkena HIV terhadap jumlah penduduk per kecamatan dikalikan 100%.

3.3 Metode Analisis

Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan karakteristik jumlah kasus TB dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya di Surabaya pada tahun 2014 menggunakan analisis statistika deskriptif dan pemetaan wilayah dengan peta tematik untuk masing-masing variabel.
2. Pengujian kasus multikolinieritas berdasarkan kriteria korelasi dan VIF.
3. Pengujian adanya kasus overdispersi nilai mean dan varians dari variabel respon.
4. Menganalisis model regresi Binomial Negatif dengan langkah sebagai berikut.
 - a. Penaksiran parameter model Binomial Negatif dengan metode *MLE*.
 - b. Menguji signifikansi parameter model Binomial Negatif secara serentak dan parsial.
5. Memodelkan GWNBR untuk kasus TB di Surabaya pada tahun 2014, dengan langkah-langkah sebagai berikut.
 - a. Uji *Breusch-Pagan* untuk melihat heterogenitas spasial data dan uji Moran I untuk menguji dependensi spasial data.
 - b. Menghitung jarak *Euclidean* antar lokasi pengamatan berdasarkan posisi geografis.
 - c. Mendapatkan *bandwidth* optimal untuk setiap lokasi pengamatan dengan menggunakan *Cross Validation (CV)*.

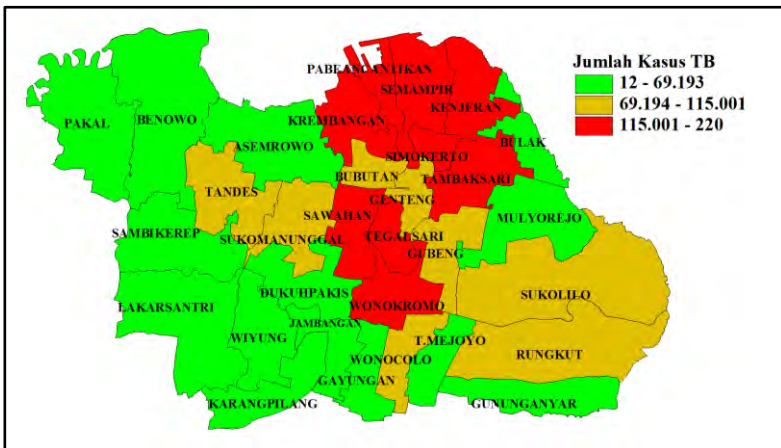
- d. Menghitung matrik pembobot dengan menggunakan fungsi kernel *Adaptive Bisquare*.
- e. Melakukan pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi Binomial Negatif dan pengujian signifikansi parameter model secara serentak maupun parsial.
- f. Melakukan intepretasi model GWNBR yang didapatkan dan membentuk peta pengelompokan.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Deskriptif karakteristik persebaran jumlah kasus TB di Surabaya tahun 2014 berdasarkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi akan menggambarkan kondisi kasus TB di setiap kecamatan.

4.1 Karakteristik Jumlah Kasus TB di Surabaya Tahun 2014

Surabaya merupakan salah satu kota di Jawa Timur yang terkenal dengan kepadatan penduduknya. Pada tahun 2014, dari 38 kota/kabupaten di Jawa Timur, Surabaya merupakan kota dengan jumlah kasus TB terbanyak yaitu mencapai 2.855 kasus TB dengan rata-rata kasus TB per kecamatan adalah sebanyak 92 kasus. Pola persebaran jumlah kasus TB di Surabaya disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Persebaran Jumlah Kasus TB di Setiap Kecamatan

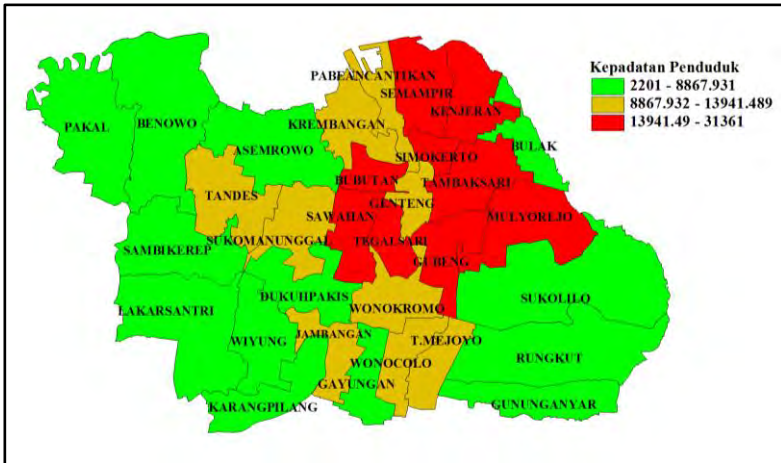
Pada Gambar 4.1 warna hijau menunjukkan daerah dengan jumlah kasus TB tergolong rendah yaitu dengan rentang antara 12-69,193 kasus. Sementara warna coklat muda merupakan

daerah dengan jumlah kasus TB yang tergolong sedang dengan rentangnya antara 69,194-115,001 kasus. Pada warna merah menunjukkan daerah dengan jumlah kasus TB tergolong tinggi dengan rentang jumlah kasus TBnya antara 115,001—220 kasus. Jumlah kasus TB tertinggi terdapat di kecamatan Krembangan dengan jumlah kasus TB sebanyak 220 kasus seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3. Sedangkan jumlah kasus TB terendah terjadi di kecamatan Gayungan dengan jumlah kasus sebanyak 12 kasus. Jika kita perhatikan pada Gambar di atas, dapat kita lihat bahwa kasus TB tertinggi yaitu yang ditunjukkan dengan warna merah banyak ditemukan di daerah Surabaya Utara, yaitu di kecamatan Krembangan, Pabean Cantikan, Kenjeran dan Semampir. Begitu juga pada penemuan kasus baru TB cenderung lebih banyak ditemukan di daerah Surabaya Utara. Banyaknya penemuan kasus TB di daerah ini karena pada daerah Surabaya Utara, kepadatan penduduknya cukup tinggi sehingga peluang terjadinya kontak dengan penderita TB lebih besar. Selain itu di daerah ini masih banyak ditemukan lingkungan yang kumuh dan rumah yang tidak layak huni sehingga resiko untuk tertular penyakit TB jauh lebih besar dibandingkan daerah lain.

4.1.1 Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk adalah jumlah penduduk di suatu wilayah per-km². Kepadatan penduduk yang tidak seimbang dengan luas wilayah memunculkan area yang sifatnya kumuh dan tidak beraturan dengan segala masalah kesehatan masyarakat. Penyakit menular seperti TB mudah menular dalam lingkungan yang buruk dengan sanitasi rendah. Sehingga semakin banyak kepadatan penduduk suatu daerah maka semakin besar peluang tersebarnya kasus TB. Rata-rata kepadatan penduduk tiap kecamatan di kota Surabaya adalah 11.404 jiwa/km² seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3. Dari 31 kecamatan yang ada di Surabaya yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi adalah kecamatan Simokerto sementara yang kepadatan penduduknya rendah adalah di kecamatan Pakal. Pola persebaran kepadatan penduduk di Surabaya disajikan pada Gambar 4.2. Pada gambar

ini warna hijau menunjukkan daerah dengan kepadatan penduduk yang tergolong rendah dengan rentang jumlah penduduknya antara 2201-8867,931 jiwa/km². Warna coklat menunjukkan daerah dengan kepadatan penduduk yang sedang dan warna merah menunjukkan daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi.



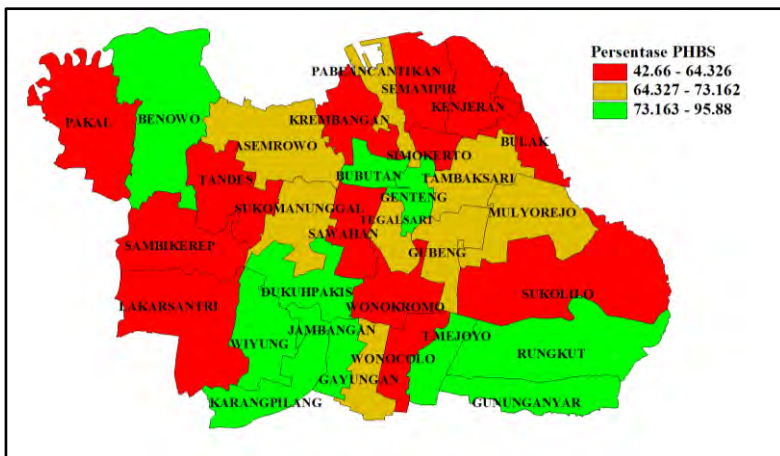
Gambar 4.2 Persebaran Kepadatan Penduduk di Setiap Kecamatan

Berdasarkan Gambar 4.2 jika kita bandingkan dengan daerah banyaknya penemuan kasus TB maka dapat dilihat bahwa pada daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi maka jumlah kasus TB yang ditemukan juga cukup tinggi. Seperti yang terjadi di kecamatan Sawahan, di kecamatan ini tingkat kepadatan penduduknya mencapai 20.626 jiwa/km² dan jumlah kasus TB yang ditemukan juga tinggi yaitu sebanyak 210 kasus. Begitu juga di kecamatan Kenjeran, tingkat kepadatan penduduknya mencapai 19.414 jiwa/km² dengan jumlah kasus TB sebanyak 215 kasus. Pada daerah yang tingkat kepadatan penduduknya rendah jumlah kasus TB yang ditemukan juga cenderung lebih sedikit seperti pada kecamatan Pakal, Lakarsantri dan Sambikerep. Kepadatan penduduk pada masing-masing kecamatan tersebut yaitu

sebanyak 2.201 jiwa/km², 3.344 jiwa/km² dan 2.950 jiwa/km². Dan jumlah kasusnya pada masing-masing kecamatan yaitu di Pakal 38 kasus TB, di Lakarsantri 37 kasus TB dan di Sambikerep sebanyak 41 kasus TB.

4.1.2 Persentase Rumah Tangga yang Berperilaku Hidup Bersih dan Sehat

Rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat merupakan upaya untuk memberdayakan anggota keluarga agar tahu, mau dan mampu melaksanakan perilaku hidup bersih dan sehat serta berperan aktif dalam gerakan kesehatan di masyarakat. Indikator penilaian rumah tangga ber-PHBS yaitu pertolongan persalinan oleh tenaga kesehatan, bayi diberi ASI eksklusif, balita ditimbang setiap bulan, menggunakan air bersih, mencuci tangan dengan air bersih dan sabun, menggunakan jamban sehat, memberantas jentik di rumah sekali seminggu, makan sayur dan buah setiap hari, melakukan aktifitas fisik setiap hari dan tidak merokok di dalam rumah. Pola persebaran rumah tangga ber-PHBS di Surabaya disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Persebaran Rumah Tangga ber-PHBS di Setiap Kecamatan

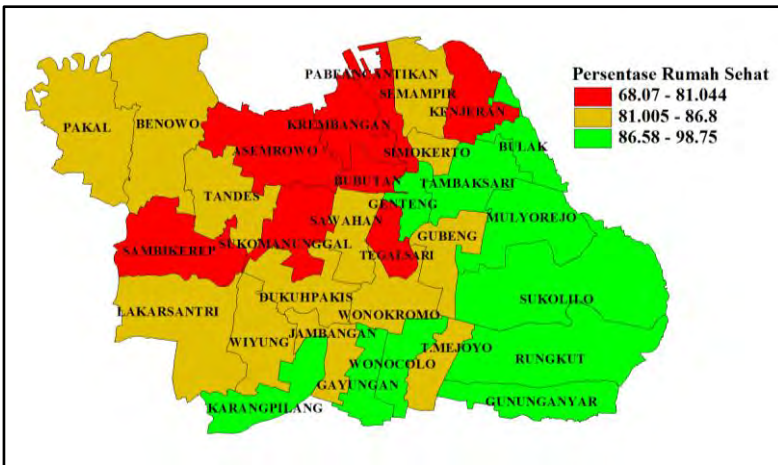
Warna merah pada Gambar 4.3 menunjukkan daerah dengan persentase PHBSnya tergolong rendah yaitu dengan rentang antara 44,26%-64,326%. Warna coklat menunjukkan daerah dengan rata-rata persentase PHBSnya sedang dan warna hijau menunjukkan daerah dengan persentase rumah tangga ber-PHBSnya tinggi yaitu dengan rentang antara 73,163%-95.88%. Rata-rata persentase Rumah Tangga yang ber-PHBS tiap kecamatan di Surabaya adalah sebesar 68,74% seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3. Hal ini berarti dari 100 rumah tangga terdapat sekitar 69 rumah tangga yang telah memenuhi kriteria ber-PHBS. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat kita lihat bahwa persebaran persentase rumah tangga yang ber-PHBS tidak berkumpul di satu wilayah. Kecamatan dengan persentase rumah tangga ber-PHBS tertinggi yaitu di kecamatan Benowo, Dukuh Pakis, Wiyung, Jambangan, Karangpilang, Gayungan, Bubutan, Genteng, Tenggilis Mejoyo, Rungkut dan Gunung Anyar. Sementara kecamatan dengan persentase PHBS terendah yaitu di kecamatan Pakal, Sambikerep, Lakarsantri, Tandes, Krembangan, Semampir, Kenjeran, Bulak, Sawahan, Wonokromo, Wonocolo dan Sukolilo.

Rendahnya persentase rumah tangga ber-PHBS akan menyebabkan tingginya jumlah kasus TB. Seperti pada kecamatan Krembangan persentase rumah tangga ber-PHBSnya sebesar 42,66% dengan jumlah kasus TB sebanyak 220. Begitu juga pada kecamatan Semampir persentase rumah tangga ber-PHBSnya cukup rendah yaitu 54,47% dan jumlah kasus TB sebanyak 217 kasus. Meski begitu tak semua daerah dengan persentase PHBS yang rendah memiliki jumlah kasus TB yang tinggi seperti yang terjadi di kecamatan Pakal. Kecamatan Pakal memiliki persentase rumah tangga ber-PHBS rendah yaitu sebesar 53,63% akan tetapi jumlah kasus TB yang ditemukan lebih sedikit yaitu 38 kasus.

4.1.3 Persentase Rumah Sehat

Rumah sehat merupakan faktor kunci bagi kesehatan. Lingkungan yang tidak bersih dan sanitasi buruk merupakan

sarana penyebaran kuman penyakit, termasuk kuman *Mycobacterium Tuberculosis*. Kuman ini akan berkembang lebih cepat jika kondisi lingkungan kekurangan cahaya matahari. Indikator penentuan rumah sehat terdiri atas 3 hal yaitu dari segi keadaan rumah yang meliputi jendela, ventilasi, pencahayaan, kepadatan penghuni, dari segi sarana sanitasi seperti penggunaan air bersih, jamban, tempat sampah dan sarana pembuangan limbah serta dari segi perilaku penghuni. Pola persebaran persentase rumah sehat di Surabaya disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Persebaran Rumah Sehat di Setiap Kecamatan

Warna hijau pada Gambar 4.4 menunjukkan daerah dengan persentase rumah sehatnya tergolong tinggi yaitu dengan rentang antara 86,58%-98,75%. Warna coklat menunjukkan daerah dengan persentase rumah sehatnya tergolong sedang dan warna merah menunjukkan daerah dengan persentase rumah sehatnya tergolong rendah. Rata-rata persentase rumah sehat di Surabaya adalah sebesar 83,92% seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3. Hal ini berarti dari 100 rumah ada 84 rumah yang memenuhi kriteria sebagai rumah sehat. Kecamatan Gununganyar merupakan kecamatan dengan persentase rumah sehat tertinggi

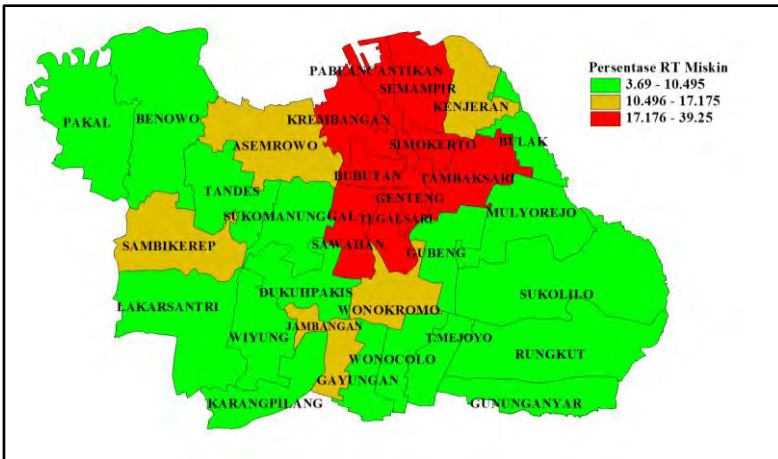
yaitu sebesar 98,75%. Sedangkan kecamatan Asemrowo adalah kecamatan dengan persentase rumah sehat terendah.

Daerah dengan persentase rumah sehat yang rendah maka akan menyebabkan daerah tersebut memiliki resiko yang lebih tinggi untuk penularan TB. Berdasarkan Gambar 4.4 dapat kita lihat bahwa daerah yang memiliki persentase rumah sehat rendah maka jumlah kasus TBnya cukup tinggi. Seperti pada kecamatan Krembangan, Pabean Cantikan, Tegalsari dan Bubutan. Persentase rumah sehat pada masing-masing kecamatan yaitu 76,19%, 68,69%, 74,05% dan 74,81% dan jumlah kasus TBnya yaitu 220 kasus, 190 kasus, 119 kasus dan 98 kasus. Daerah dengan persentase rumah sehat yang tinggi maka jumlah kasus TBnya juga cenderung rendah seperti pada kecamatan Bulak, Mulyorejo, Gununganyar, Karangpilang, Wonocolo dan Gayungan.

4.1.4 Persentase Rumah Tangga Miskin

Kemiskinan adalah keadaan dimana terjadi ketidakmampuan untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti makanan, pakaian, tempat berlidung, pendidikan dan kesehatan. Berdasarkan pada laporan WHO (2009) disebutkan bahwa 90% penderita TB di dunia menyerang kelompok sosial ekonomi lemah atau miskin. Kemiskinan disini sangat erat hubungannya dengan keadaan rumah, kepadatan hunian, lingkungan dan sanitasi tempat kerja yang buruk sehingga dapat memudahkan penularan TB. Rata-rata persentase rumah tangga miskin tiap kecamatan di Surabaya seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3 adalah sebesar 13,84%, artinya dari 100 rumah tangga ada sekitar 14 rumah yang masuk dalam kategori rumah tangga miskin. Dari 31 kecamatan yang ada di Surabaya yang persentase rumah tangga miskinnya paling besar yaitu Pabean Cantikan, Semampir dan Simokerto dengan persentasenya masing-masing sebesar 36,91%, 38,79% dan 39,25%. Pola persebaran persentase rumah tangga miskin di Surabaya disajikan pada Gambar 4.5. Warna hijau menunjukkan daerah dengan persentase rumah tangga miskinnya tergolong rendah dengan rentang antara 3,69%-10,495%. Warna coklat

menunjukkan daerah dengan persentase rumah tangga miskinnya tergolong sedang dan warna merah menunjukkan daerah dengan persentase rumah tangga miskin yang tinggi.

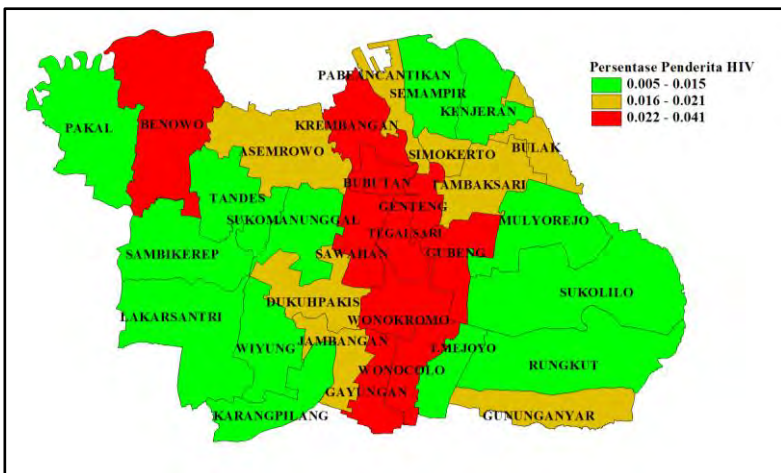


Gambar 4.5 Persebaran Persentase Rumah Tangga Miskin di Setiap Kecamatan

Tingginya persentase rumah tangga miskin di suatu daerah erat hubungannya dengan lingkungan dan sanitasi yang buruk sehingga resiko penularan TB akan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan Gambar 4.5 dimana pada kecamatan Pabean Cantikan, Semampir dan Simokerto persentase rumah tangga miskinnya tinggi begitu juga dengan jumlah kasus TB yang ditemukan. Pada kecamatan Pabean Cantikan jumlah kasus TB sebanyak 190 kasus, pada kecamatan Semampir jumlah kasus TB sebanyak 217 kasus dan pada kecamatan Simokerto jumlah kasus TB sebanyak 119 kasus. Sementara pada daerah yang persentase rumah tangga miskin tergolong rendah maka jumlah kasus TB yang ditemukan juga tergolong rendah seperti pada kecamatan Pakal, Benowo, Lakarsantri, Wiyung, Karangpilang, Dukuh Pakis, Tenggilis Mejojo, Gununganyar, Mulyorejo dan Bulak.

4.1.5 Persentase Penderita HIV

HIV merupakan salah satu penyakit yang disebabkan oleh virus dimana virus ini akan menyerang sistem kekebalan tubuh manusia sehingga tubuh menjadi lemah dalam melawan infeksi. Faktor yang mempengaruhi kemungkinan seseorang menjadi pasien TB adalah daya tahan tubuh yang rendah, diantaranya yaitu akibat terinfeksi HIV/AIDS. HIV merupakan faktor resiko yang paling kuat bagi yang terinfeksi TB menjadi sakit TB. Infeksi HIV menyebabkan kerusakan luas sistem daya tahan tubuh seluler, sehingga bila terjadi infeksi penyalut (*opportunities*), seperti tuberculosis maka akan menjadi sakit parah bahkan bisa menyebabkan kematian. Pola persebaran persentase penderita HIV di Surabaya disajikan pada Gambar 4.6. Warna hijau menunjukkan daerah dengan persentase penderita HIV tergolong rendah dengan rentang antara 0,005-0,015%. Warna coklat menunjukkan daerah dengan persentase penderita HIV tergolong sedang dan warna merah menunjukkan daerah dengan persentase penderita HIV tergolong tinggi.



Gambar 4.6 Persebaran Persentase Penderita HIV di Setiap Kecamatan

Kecamatan Krembangan dan Sawahan merupakan kecamatan dengan persentase penderita HIV tertinggi dengan persentasenya masing-masing yaitu 0,038% dan 0,041% atau sebanyak 41 orang dan 72 orang. Sementara kecamatan dengan persentase penderita HIV terkecil adalah kecamatan Sukomanunggal dengan jumlah penderita sebanyak 5 orang. Rata-rata persentase penderita HIV tiap kecamatan di Surabaya yaitu 0.02% seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 3.

Suatu daerah dengan persentase penderita HIV yang tinggi akan meningkatkan resiko penularan TB. Seperti pada kecamatan Krembangan dan Sawahan, pada kecamatan ini persentase penderita HIVnya tinggi begitu juga pada jumlah kasus TB yang ditemukan di kecamatan ini juga tergolong tinggi, yaitu pada kecamatan Krembangan jumlah kasus TB sebanyak 220 kasus dan pada kecamatan Sawahan jumlah kasus TBnya mencapai 210 kasus. Meski begitu ada juga kecamatan dengan persentase penderita HIVnya rendah tetapi jumlah kasus TB yang ditemukan cukup tinggi seperti pada kecamatan Kenjeran dan Semampir. Pada kecamatan Kenjeran persentase penderita HIVnya 0,009% akan tetapi jumlah kasus TB yang ditemukan tinggi yaitu 215 kasus. Sementara pada kecamatan Semampir persentase penderita HIV sebesar 0,014 dan jumlah kasus TB yang ditemukan sebanyak 217 kasus. Begitu juga pada kecamatan Pabean Cantikan, Tambaksari dan Simokerto, meski persentase penderita HIV-nya tergolong sedang tapi jumlah kasus TB yang ditemukan cukup tinggi di kecamatan ini.

4.2 Pemodelan Jumlah Kasus TB di Surabaya Tahun 2014

Jumlah kasus TB merupakan data *count* sehingga pembentukan modelnya menggunakan regresi Poisson. Pada pemodelan regresi Poisson seringkali terjadi kasus overdispersi sehingga dengan dugaan adanya kasus overdispersi dan adanya efek spasial maka digunakan metode *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*.

4.2.1 Pemeriksaan Multikolinieritas

Sebelum melakukan analisis dengan menggunakan regresi binomial negatif dan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression* maka dilakukan pengujian multikolinieritas terhadap variabel yang digunakan untuk mengetahui apakah ada korelasi yang tinggi diantara variabel prediktor. Berikut adalah nilai koefisien korelasi antara variabel prediktor.

Tabel 4.1. Koefisien Korelasi Pearson

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
X ₂	-0,132			
X ₃	-0,083	0,239		
X ₄	0,573	-0,0334	-0,178	
X ₅	0,291	-0,056	-0,072	0,231

Adanya kasus multikolinieritas dapat diketahui jika nilai koefisien korelasi pearson (r_{ij}) antar variabel prediktor adalah lebih dari 0,95. Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa semua variabel prediktor memiliki nilai koefisien korelasi pearson kurang dari 0,95 artinya tidak terdapat kasus multikolinieritas. Selain dari koefisien korelasi pearson, kasus multikolinieritas juga dapat dilihat dari nilai VIF yaitu jika nilai VIF-nya lebih dari 10. Berikut adalah nilai VIF dari tiap variabel prediktor.

Tabel 4.2. Nilai VIF Tiap Variabel Prediktor

Variabel	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
VIF	1,557	1,176	1,074	1,681	1,101

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa nilai VIF dari masing-masing variabel prediktor kurang dari 10 artinya tidak terjadi kasus multikolinieritas.

4.2.2 Pemodelan Dengan Regresi Binomial Negatif

Sebelum dilakukan pemodelan dengan menggunakan regresi binomial negatif sebelumnya dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap adanya kasus overdispersi. Data dikatakan terjadi

overdispersi jika nilai varians dari data lebih besar dari rata-ratanya. Pada kasus TB di Surabaya tahun 2014, nilai rata-ratanya sebesar 92,096 sementara nilai variansnya sebesar 4233,29. Karena nilai variansnya lebih besar dari rata-ratanya maka dapat disimpulkan bahwa pada data kasus TB di Surabaya tahun 2014 terjadi kasus overdispersi. Selain dilihat dari nilai varians yang lebih besar dari rata-rata, terjadinya overdispersi juga bisa dilihat dari nilai *deviance* pada model regresi Poisson dibagi dengan derajat bebasnya. Nilai *deviance* model regresi Poisson sebesar 483,64 dengan derajat bebas 25 sehingga rasio nilai *deviance* dengan derajat bebasnya bernilai 19,3456. Nilai tersebut lebih besar dari angka 1 yang artinya data jumlah kasus TB tersebut mengalami kasus overdispersi.

Distribusi yang sering digunakan untuk mengatasi adanya kasus overdispersi adalah binomial negatif. Langkah awal dalam pemodelan regresi Binomial Negatif adalah penentuan nilai initial θ yang bertujuan untuk meminimumkan parameter dispersi sehingga dapat mengatasi kasus overdispersi. Initial θ didapatkan melalui hasil *trial-error* sehingga didapatkan rasio nilai *deviance* dengan derajat bebasnya bernilai 1 yang artinya tidak terdapat kasus overdispersi. Berikut ini hasil *trial-error* initial θ .

Tabel 4.3. Nilai Initial θ

Nilai initial θ	<i>Deviance</i>	DF	<i>Deviance/DF</i>
6,724	40,624	25	1,62496
5,413	33,453	25	1,33812
4,215	26,614	25	1,06456
3,9395	25,000	25	1

Berdasarkan hasil *trial-error* initial θ didapatkan initial θ yang memiliki rasio nilai *deviance* dengan derajat bebasnya bernilai 1 adalah sebesar 3,9395 sehingga dilakukan pemodelan regresi Binomial Negatif dengan initial θ sebesar 3,9395. Setelah didapatkan initial θ maka dilakukan pemodelan regresi Binomial

Negatif. Berikut ini merupakan estimasi parameter model regresi Binomial Negatif.

Tabel 4.4. Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

	Estimate	Std. Error	z value	P Value
θ	6,25E+00	1,08E+00	5,812	4,64E-06
X_1	3,91E-05	1,51E-05	2,588	0,0159*
X_2	-1,76E-02	1,16E-02	-1,512	0,1432
X_3	- 1,76E-02	7,27E-03	-2,415	0,0234*
X_4	1,86E-02	1,19E-02	1,568	0,1294
X_5	5,69E+00	1,04E+01	0,548	0,5886
<i>Deviance</i> = 25			DF = 25	

*) Signifikan pada taraf nyata 5%

Pengujian serentak signifikansi parameter model regresi Binomial Negatif bertujuan untuk mengetahui apakah secara serentak variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap variabel respon. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_5 = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_p \neq 0 ; p = 1, 2, \dots, 5$$

Berdasarkan hasil pengujian dengan taraf signifikansi 5% didapatkan nilai $\chi^2_{(5;0.05)}$ sebesar 11,0705. Karena nilai $\chi^2_{(5;0.05)}$ lebih kecil dari nilai *Deviance* (25) maka tolak H_0 yang berarti paling sedikit ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Sehingga perlu dilanjutkan pada pengujian secara parsial dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_p = 0$$

$$H_1 : \beta_p \neq 0 ; p=1, 2, \dots, 5$$

Berdasarkan hasil pengujian secara individu, dari 5 variabel prediktor yang digunakan terdapat 2 variabel prediktor yang signifikan yaitu kepadatan penduduk (X_1) dan persentase rumah tangga yang ber-PHBS (X_3). Berikut ini merupakan model regresi Binomial Negatif.

$$\ln(\hat{\mu}) = 6,25 + 0,0000391X_1 - 0,0176X_2 - 0,076X_3 \\ - 0,01866X_4 + 5,69X_5$$

Berdasarkan model binomial negatif yang terbentuk dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan satu jiwa/km² maka akan memperbesar jumlah kasus TB di Surabaya sebesar $\exp(0,0000391)=1,00003901$ kali dengan asumsi variabel lain konstan. Pada variabel persentase rumah tangga ber-PHBS, setiap penambahan satu persen rumah tangga yang memenuhi kriteria ber-PHBS akan memperkecil jumlah kasus TB di Surabaya sebesar $\exp(-0,076)=0,92268$ kali terhadap jumlah kasus TB dengan asumsi variabel lain konstan.

4.2.3 Pengujian Aspek Data Spasial

Apabila seseorang tinggal di lingkungan yang sama dengan orang yang menderita TB, maka orang tersebut akan memiliki resiko yang tinggi untuk tertular penyakit TB. Pengujian heterogenitas spasial dilakukan untuk mengetahui adanya keragaman spasial pada data jumlah kasus TB di Surabaya dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Adanya perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya dapat dilihat dengan pengujian *Breusch-Pagan* dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{31}^2 = \sigma^2 \text{ (varians antarlokasi sama)}$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2 \text{ (varians antarlokasi berbeda)}$$

Berdasarkan hasil uji didapatkan nilai statistik uji *Breusch-Pagan* sebesar 12,58798 dengan *P-Value* sebesar 0,02756. Dengan jumlah parameter 5 dan digunakan α sebesar 5% maka didapatkan $\chi^2_{(5;0.05)}$ sebesar 11,0705. Sehingga berdasarkan kedua kriteria (*P-Value* dan nilai statistik uji *Breusch-Pagan*) dimana nilai BP lebih besar dari $\chi^2_{(5;0.05)}$ dan *P-Value* kurang dari α maka didapatkan kesimpulan bahwa variansi antarlokasi tidak sama atau terdapat perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya.

Pengujian dependensi spasial dilakukan untuk melihat apakah pengamatan disuatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan di lokasi lain yang letaknya berdekatan. Pengujian dependensi spasial dilakukan menggunakan statistik uji Moran's I dengan hipotesis sebagai berikut .

$$H_0 : I = 0 \quad (\text{tidak terdapat dependensi spasial})$$

$$H_1 : I \neq 0 \quad (\text{terdapat dependensi spasial})$$

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai Z_{hit} sebesar 0.6033437. Karena nilai Z_{hit} lebih kecil dari nilai $Z_{0.05/2}$ (1.96) maka gagal tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat dependensi spasial yang artinya pengamatan di satu lokasi tidak bergantung dengan pengamatan di lokasi lain yang berdekatan.

Berdasarkan kesimpulan pengujian heterogenitas spasial yang menyatakan terdapat perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya maka pengujian dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode GWNBR meskipun tidak terdapat dependensi spasial.

4.2.4 Pengujian Kesamaan Model GWNBR dengan Regresi Binomial Negatif

Pemodelan jumlah kasus TB di Surabaya pada tahun 2014 dengan menggunakan metode GWNBR diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan metode regresi Binomial Negatif. Oleh sebab itu dilakukan pengujian kesamaan model GWNBR dengan model regresi Binomial Negatif dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = \beta_k, i=1, 2, \dots, 31; k=0, 1, 2, 3, 4, 5$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq \beta_k$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai F_{hit} sebesar 33,3156. Dengan menggunakan $\alpha=5\%$ didapatkan nilai dari $F_{(0.05, 25, 25)}=1,955447$. Karena nilai F_{hit} lebih besar dari $F_{(0.05, 25, 25)}$ maka tolak H_0 . Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara model Binomial Negatif dengan model GWNBR. Sehingga dapat dilanjutkan pada pengujian signifikansi model GWNBR.

4.2.5 Pengujian Signifikansi Model GWNBR

Pengujian signifikansi parameter model GWNBR secara serentak bertujuan untuk mengetahui apakah secara serentak variabel prediktor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$H_0: \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_5(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k=1, 2, \dots, 5$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai devians model GWNBR sebesar 866,0822. Dengan $\alpha=5\%$ didapatkan nilai $\chi^2_{(5,0.05)}$ sebesar 11,0705. Karena nilai devians lebih besar dari $\chi^2_{(5,0.05)}$ maka tolak H_0 artinya minimal ada satu parameter model GWNBR yang signifikan berpengaruh terhadap model sehingga dilanjutkan dengan pengujian parameter parsial dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0: \beta_k(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1: \beta_k(u_i, v_i) \neq 0; k=1, 2, \dots, 5$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai Z_{hit} yang berbeda-beda pada tiap lokasi. Nilai $|Z_{\text{hit}}|$ parameter setiap kecamatan dibandingkan dengan nilai $Z_{0.05/2}$. Jika nilai $|Z_{\text{hit}}| > 1.96$ maka Tolak H_0 yang artinya variabel tersebut memberikan pengaruh pada model.

Tabel 4.5 Pengujian Parameter Model GWNBR Kec. Tenggilis Mejoyo

Parameter	Estimasi	Zhitung
Intercept	0,000122	59563,59*
X_1	0,00000479	6,853618*
X_2	0,011898	0,000652
X_3	0,001254	1,347958
X_4	0,003787	0,073872
X_5	0,00000338	902,8604*
θ	3,939532	-

*) Signifikan pada taraf nyata 5%

Sebagai contoh akan disajikan pengujian parameter pada lokasi penelitian yang ke-5 (u_5, v_5) yaitu kecamatan Tenggilis Mejoyo dengan estimasi parameter ditampilkan pada Tabel 4.5. Berdasarkan Tabel 4.5 dapat diketahui dari 5 variabel prediktor yang nilai $|Z_{hit}| > Z_{(0.025)}$ atau variabel yang berpengaruh signifikan di kecamatan Tenggilis Mejoyo adalah variabel kepadatan penduduk, dan persentase penderita HIV. Berikut adalah model GWNBR yang terbentuk untuk kecamatan Tenggilis Mejoyo.

$$\ln(\hat{\mu}) = 0,000122 + 0,00000479X_1 + 0,011898X_2 + 0,001254X_3 \\ + 0,003787X_4 + 0,00000338X_5$$

Berdasarkan model GWNBR yang terbentuk di kecamatan Tenggilis Mejoyo maka dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan 1 jiwa/km² maka akan memperbesar jumlah kasus TB sebesar $\exp(0,00000479)=1,00000479$ kali jumlah kasus TB dengan asumsi variabel lain konstan. Sementara pada setiap penambahan satu persen penderita HIV maka akan memperbesar jumlah kasus TB sebesar $\exp(0,00000338)=1,00000338$ kali jumlah kasus TB dengan asumsi variabel lain konstan. Pada kecamatan ini tanda dari koefisien variabel yang signifikan sesuai dengan teori. Namun dari 31 kecamatan ini terdapat beberapa kecamatan dimana koefisien dari variabel yang terbentuk pada model tidak sesuai dengan teori yang ada.

Berikut adalah contoh untuk pemodelan GWNBR pada kecamatan Gayungan dimana pada kecamatan ini terjadi ketidaksesuaian tanda koefisien pada model yang terbentuk.

Tabel 4.6 Pengujian Parameter Model GWNBR Kec. Gayungan

Parameter	Estimasi	Zhitung
Intercept	0,000173	22993,65*
X ₁	-0,000000913	8,938363*
X ₂	0,011143	-0,00011
X ₃	0,002171	1,1976
X ₄	0,009938	0,084133
X ₅	0,00000876	581,8897*
θ	3,939546	-

*) Signifikan pada taraf nyata 5%

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui dari 5 variabel prediktor yang nilai $|Z_{hit}| > Z_{(0.025)}$ atau variabel yang berpengaruh signifikan di kecamatan Gayungan adalah variabel kepadatan penduduk, dan persentase penderita HIV. Berikut adalah model GWNBR yang terbentuk untuk kecamatan Gayungan.

$$\ln(\hat{\mu}) = 0,000173 - 0,000000913X_1 + 0,011143X_2 + 0,002171X_3 \\ + 0,009938X_4 + 0,00000876X_5$$

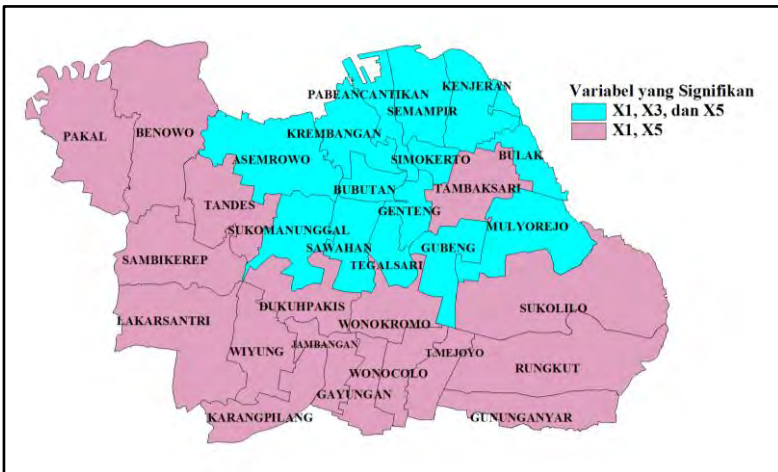
Berdasarkan model GWNBR yang terbentuk di kecamatan Gayungan maka dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan 1 jiwa/km² maka akan memperkecil jumlah kasus TB sebesar $\exp(0,000000913)=1,000000931$ kali jumlah kasus TB dengan asumsi variabel lain konstan. Sementara pada setiap penambahan satu persen penderita HIV maka akan memperbesar jumlah kasus TB sebesar $\exp(0,00000876)=1,00000876$ kali jumlah kasus TB dengan asumsi variabel lain konstan. Berdasarkan model yang terbentuk terjadi ketidaksesuaian pada tanda koefisien variabel kepadatan penduduk terhadap jumlah kasus TB. Pada dasarnya, daerah yang memiliki kepadatan penduduk tinggi maka jumlah kasus TBnya akan cenderung tinggi pula, akan tetapi berdasarkan model yang terbentuk di kecamatan Gayungan ini ketika kepadatan penduduknya meningkat justru jumlah kasus TBnya cenderung mengecil. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada kecamatan Gayungan meskipun kepadatan penduduknya tergolong sedang akan tetapi persentase rumah sehatnya tergolong kategori tinggi begitu juga pada persentase rumah tangga ber-PHBSnya. Seperti yang kita tahu bahwa jika suatu daerah memiliki rumah dan lingkungan yang sehat maka peluang untuk tertular TB juga akan berkurang. Oleh karena itu meskipun kepadatan penduduk di kecamatan Gayungan tergolong sedang, tapi jumlah kasus TB yang ditemukan di kecamatan ini tergolong rendah karena persentase rumah sehat dan PHBSnya tergolong tinggi sehingga koefisien pada variabel kepadatan penduduk bertanda negatif.

Parameter yang signifikan di setiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Parameter yang Signifikan Setiap Kecamatan

No.	Keamatan	Variabel Signifikan
1	Gayungan	X_1, X_5
2	Karangpilang	X_1, X_5
3	Gununganyar	X_1, X_5
4	Jambangan	X_1, X_5
5	Tenggilis Mejoyo	X_1, X_5
6	Wonocolo	X_1, X_5
7	Rungkut	X_1, X_5
8	Lakarsantri	X_1, X_5
9	Wiyung	X_1, X_5
10	Wonokromo	X_1, X_5
11	Sukolilo	X_1, X_5
12	Dukuh Pakis	X_1, X_5
13	Gubeng	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
14	Sawahan	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
15	Sukomanunggal	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
16	Mulyorejo	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
17	Tegalsari	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
18	Tandes	X_1, X_5
19	Sambikerep	X_1, X_5
20	Genteng	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
21	Tambaksari	X_1, X_5
22	Bubutan	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
23	Simokerto	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
24	Bulak	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
25	Pabean Cantikan	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
26	Krembangan	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
27	Asemrowo	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
28	Pakal	X_1, X_5
29	Semampir	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
30	Kenjeran	$X_1, X_3, \text{ dan } X_5$
31	Benowo	X_1, X_5

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan hasil pengelompokan sebanyak 2 kelompok berdasarkan variabel yang signifikan yang pemetaannya dapat dilihat pada Gambar 4.7. Berdasarkan Gambar 4.7 terlihat bahwa dari 2 kelompok yang terbentuk wilayahnya berdekatan. Pada kelompok 1 yaitu pada kecamatan Pakal, Benowo, Sambikerep, Tandes, Lakarsantri, Dukuh Pakis, Wiyung, Karangpilang, Jambangan, Gayungan, Wonocolo, Wonokromo, Tenggilis Mejoyo, Sukolilo, Rungkut, Gununganyar dan Tambaksari variabel yang berpengaruh signifikan yaitu kepadatan penduduk (X_1) dan persentase penderita HIV (X_5).



Gambar 4.7 Pengelompokan Kecamatan Berdasarkan Variabel Signifikan

Kedua variabel ini merupakan variabel global. Pada faktor kepadatan penduduk yang terbukti signifikan di tiap kecamatan sejalan dengan pernyataan Karyadi dkk (2002) bahwa semakin padat hunian, maka akan semakin besar resiko untuk terjadi penularan TB. Hal ini karena kepadatan penduduk identik dengan keadaan lingkungan yang kumuh. Selain itu dengan bertambah padatnya penduduk maka peluang terjadinya kontak dengan penderita TB semakin besar, sehingga resiko untuk tertular juga

ikut meningkat. Seperti yang terjadi pada kecamatan Pakal, Benowo, Sambikerep, Lakarsantri, Wiyung, Karangpilang, Dukuh Pakis, dan Gununganyar. Pada kecamatan ini kepadatan penduduknya tergolong rendah dan jumlah kasus TB yang ditemukan di daerah ini juga tergolong rendah. Pada kecamatan Tandes dan Wonocolo kepadatan penduduknya tergolong sedang dan jumlah kasus TB yang ditemukan juga tergolong sedang.

Pada variabel persentase penderita HIV sesuai dengan pernyataan dari Annie (2013), mengenai faktor yang mempengaruhi kemungkinan seseorang menjadi pasien TB adalah daya tahan tubuh yang rendah, diantaranya dikarenakan infeksi HIV/AIDS. HIV merupakan faktor resiko yang paling kuat bagi yang terinfeksi TB menjadi sakit TB. Infeksi HIV menyebabkan kerusakan luas sistem daya tahan tubuh seluler, sehingga bila terjadi infeksi penyalut (*opportunities*), seperti tuberculosis maka akan menjadi sakit parah bahkan bisa menyebabkan kematian. Seperti pada kecamatan Wonokromo, pada kecamatan ini persentase penderita HIV tergolong tinggi, maka peluang ditemukannya penderita TB di daerah ini juga akan meningkat dan hal ini terbukti dengan jumlah kasus TB yang ditemukan di kecamatan ini pada tahun 2014 tergolong tinggi. Begitu juga pada daerah yang persentase penderita HIVnya rendah, maka peluang penemuan penderita TBnya juga kecil seperti pada kecamatan Tenggilis Mejoyo, Karangpilang, Wiyung, Lakarsantri, Sambikerep dan Pakal.

Pada kelompok 2 yang terdiri dari 14 kecamatan yaitu dari kecamatan Asemrowo, Krembangan, Pabean Cantikan, Semampir, Kenjeran, Simokerto, Bubutan, Sukomanunggal, Sawahan, Tegalsari, Genteng, Gubeng, Mulyorejo dan Bulak selain dari variabel global atau variabel yang berpengaruh signifikan terhadap semua kecamatan, juga terdapat variabel signifikan yang lain yaitu variabel persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat.

Rumah tangga dikatakan berperilaku hidup bersih dan sehat apabila memenuhi beberapa indikator yaitu pertolongan

persalinan ditolong oleh tenaga kesehatan, bayi diberi ASI eksklusif, balita ditimbang setiap bulan, menggunakan air bersih, mencuci tangan dengan air bersih dan sabun, menggunakan jamban sehat dan memberantas jentik di rumah sekali seminggu. Berdasarkan beberapa indikator tersebut, dapat terlihat bahwa hal ini berkaitan dengan kebersihan diri perorangan. Apabila kebersihan diri seseorang baik, maka kemungkinan terjangkit penyakit akan berkurang terutama yang disebabkan oleh kuman. Begitu juga sebaliknya jika kebersihan diri dan lingkungannya buruk maka kemungkinan terjangkit penyakit juga akan meningkat. Oleh karena itu pada daerah dengan persentase rumah tangga PHBS yang rendah akan lebih beresiko terjadi penularan TB dibandingkan daerah yang persentase rumah tangga ber-PHBSnya tinggi. Seperti pada kecamatan Krembangan, Sawahan, Semampir dan Simokerto. Pada kecamatan ini persentase rumah tangga ber-PHBSnya tergolong rendah maka jumlah kasus TB yang ditemukan tergolong tinggi. Pada kecamatan Sukomanunggal dan Gubeng persentase rumah tangga ber-PHBSnya tergolong sedang begitu juga jumlah kasus TB yang ditemukan di kecamatan ini tergolong sedang. Hal ini sesuai dengan penelitian Zahirah (2013) yang menunjukkan bahwa PHBS merupakan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TB di Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Unit Penelitian

No	Kecamatan	U	V
1	Gayungan	-7.3381116	112.7165134
2	Karangpilang	-7.3197294	112.7074343
3	Gununganyar	-7.3408331	112.7817339
4	Jambangan	-7.3282247	112.7121113
5	T. Mejoyo	-7.3222147	112.7599313
6	Wonocolo	-7.3053727	112.7544023
7	Rungkut	-7.3223079	112.7685387
8	Lakarsantri	-7.3065867	112.6592843
9	Wiyung	-7.3314984	112.6875002
10	Wonokromo	-7.2930247	112.7464113
11	Sukolilo	-7.2968715	112.7620624
12	Dukuh Pakis	-7.2833327	112.7100231
13	Gubeng	-7.2701147	112.7685003
14	Sawahan	-7.2655887	112.7254753
15	Sukomanunggal	-7.2623967	112.7102763
16	Mulyorejo	-7.2573976	112.7758099
17	Tegalsari	-7.2636987	112.7360613
18	Tandes	-7.2629033	112.6666787
19	Sambikerep	-7.2848073	112.6605049
20	Genteng	-7.2580407	112.7445983
21	Tambaksari	-7.3315027	112.6874613
22	Bubutan	-7.2471607	112.7230783
23	Simokerto	-7.2492247	112.7533013
24	Bulak	-7.2410727	112.7929853
25	P. Cantikan	-7.2226617	112.7332603
26	Krembangan	-7.2332817	112.7296753
27	Asemrowo	-7.2406781	112.6831363
28	Pakal	-7.2347967	112.6093393
29	Semampir	-7.2246835	112.7450177
30	Kenjeran	-7.2303867	112.7722313
31	Benowo	-7.2484213	112.6332018

Lampiran 2. Data Jumlah Kasus TB di Surabaya Tahun 2014
dan Faktor-Faktor yang diduga Mempengaruhinya

Kecamatan	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Gayungan	12	7207	96.77	70.23	7.05	0.025
Karangpilang	50	8039	90.94	95.88	8.35	0.013
Gununganyar	22	6551	98.75	89.01	8.49	0.017
Jambangan	25	11346	82.6	78.17	11.84	0.019
T. Mejoyo	20	13442	85.7	89.02	3.69	0.011
Wonocolo	71	12124	93.94	62.94	7.37	0.023
Rungkut	84	5882	94.1	74.13	8.72	0.008
Lakarsantri	37	2950	82.44	58.03	9.97	0.011
Wiyung	54	5587	82.66	74.62	7.91	0.010
Wonokromo	128	9600	83.07	63.89	16.44	0.026
Sukolilo	81	5181	87.64	59.54	9.63	0.012
Dukuh Pakis	33	6619	82.28	78.32	8.93	0.020
Gubeng	104	16422	85.58	69.67	7.66	0.027
Sawahan	210	20626	82.79	58.5	17.38	0.041
Sukomanunggal	93	11163	69.57	72.1	7.73	0.005
Mulyorejo	53	13998	89.86	67.32	7.47	0.007
Tegalsari	119	20434	74.05	67.13	20.16	0.025
Tandes	99	9535	83.15	54.09	7.04	0.010
Sambikerep	42	3344	74.69	57.02	13.66	0.008
Genteng	77	11799	90.36	92.49	23.21	0.023
Tambaksari	189	23328	87.85	65.6	17.79	0.016
Bubutan	98	22407	74.81	80.31	20.68	0.028
Simokerto	119	31361	83.15	64.24	39.25	0.018
Bulak	32	6570	98.43	59.98	8.86	0.016
P. Cantikan	190	10454	68.69	69.22	36.91	0.018
Krembangan	220	13095	76.19	42.66	18.14	0.038
Asemrowo	60	2832	68.07	67	11.00	0.018
Pakal	38	2201	85.58	53.63	6.13	0.012
Semampir	217	17700	83.77	54.47	38.79	0.014
Kenjeran	215	19414	80	59.51	11.03	0.009
Benowo	63	2335	84.09	82.33	7.62	0.027

Keterangan :

Y : Jumlah kasus TB menurut kecamatan di Surabaya tahun 2014

X₁ : Kepadatan penduduk (Jiwa/km²)

X₂ : Persentase rumah sehat

X₃ : Persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat

X₄ : Persentase rumah tangga miskin

X₅ : Persentase penderita HIV

Lampiran 3. Statistika Deskriptif Tiap Variabel

Descriptive Statistics: Y, X1, X2, X3, X4, X5

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
Y	92.1	4233.3	12.0	220.0
X1	11405	51929585	2201	31361
X2	83.92	66.83	68.07	98.75
X3	68.74	157.51	42.66	95.88
X4	13.84	90.05	3.69	39.25
X5	0.01790	0.00008	0.00500	0.04100

Lampiran 4. Nilai VIF untuk X₁

The regression equation is

$$X1 = -1877 + 53 X2 + 7.7 X3 + 423 X4 + 136700 X5$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-1877	13845	-0.14	0.893
X2	53.1	149.8	0.35	0.726
X3	7.74	93.48	0.08	0.935
X4	422.7	130.5	3.24	0.003
X5	136700	132242	1.03	0.311

$$S = 6200.42 \quad R\text{-Sq} = 35.8\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 26.0\%$$

$$\text{VIF untuk } X_1 = 1 / (1 - R_j^2) = 1 / (1 - 35.8\%) = \mathbf{1.557}$$

Lampiran 5. Nilai VIF untuk X_2

The regression equation is

$$X_2 = 78.6 + 0.000090 X_1 + 0.120 X_3 - 0.302 X_4 + 14 X_5$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	78.587	9.462	8.31	0.000
X1	0.0000905	0.0002555	0.35	0.726
X3	0.1198	0.1198	1.00	0.327
X4	-0.3024	0.1930	-1.57	0.129
X5	14.1	176.2	0.08	0.937

$$S = 8.09647 \quad R\text{-Sq} = 15.0\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 1.9\%$$

$$\text{VIF untuk } X_2 = 1 / (1 - R_j^2) = 1 / (1 - 15\%) = \mathbf{1.176}$$

Lampiran 6. Nilai VIF untuk X_3

The regression equation is

$$X_3 = 45.5 + 0.000034 X_1 + 0.309 X_2 - 0.148 X_4 - 58 X_5$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	45.50	27.65	1.65	0.112
X1	0.0000341	0.0004113	0.08	0.935
X2	0.3091	0.3092	1.00	0.327
X4	-0.1480	0.3231	-0.46	0.651
X5	-58.3	282.8	-0.21	0.838

$$S = 13.0063 \quad R\text{-Sq} = 6.9\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 0.0\%$$

$$\text{VIF untuk } X_3 = 1 / (1 - R_i^2) = 1 / (1 - 6.9\%) = \mathbf{1.074}$$

Lampiran 7. Nilai VIF untuk X_4

The regression equation is

$$X_4 = 32.6 + 0.000680 X_1 - 0.285 X_2 - 0.054 X_3 + 66 X_5$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	32.55	16.36	1.99	0.057
X1	0.0006800	0.0002100	3.24	0.003
X2	-0.2853	0.1821	-1.57	0.129
X3	-0.0541	0.1181	-0.46	0.651
X5	66.3	170.6	0.39	0.701

$$S = 7.86384 \quad R\text{-Sq} = 40.5\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 31.3\%$$

$$\text{VIF untuk } X_4 = 1 / (1 - R_j^2) = 1 / (1 - 40.5\%) = \mathbf{1.681}$$

Lampiran 8. Nilai VIF untuk X_5

The regression equation is

$$X_5 = 0.0139 + 0.000000 X_1 + 0.000017X_2 - 0.000028X_3 + 0.000087 X_4$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.01387	0.01995	0.70	0.493
X1	0.00000029	0.00000028	1.03	0.311
X2	0.0000174	0.0002183	0.08	0.937
X3	-0.0000280	0.0001358	-0.21	0.838
X4	0.0000871	0.0002241	0.39	0.701

S = 0.00901194 R-Sq = 9.2% R-Sq(adj) = 0.0%

VIF untuk $X_5 = 1 / (1 - R_j^2) = 1 / (1 - 9.2\%) = \mathbf{1.101}$

Lampiran 9. Hasil Pemodelan Regresi Poisson

Call:

glm(formula = myformula, family = poisson, data = data)

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-8.4542	-3.4071	0.1715	2.8173	7.4337

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)
(Intercept)	6.837e+00	2.599e-01	26.308	< 2e-16 ***
X1	3.311e-05	3.103e-06	10.671	< 2e-16 ***
X2	-1.924e-02	2.718e-03	-7.080	1.44e-12 ***
X3	-2.238e-02	1.736e-03	-12.897	< 2e-16 ***
X4	1.227e-02	2.268e-03	5.410	6.31e-08 ***
X5	8.159e+00	2.020e+00	4.039	5.37e-05 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

Null deviance: 1321.00 on 30 degrees of freedom

Residual deviance: 483.64 on 25 degrees of freedom

AIC: 684.74

Number of Fisher Scoring iterations: 4

Lampiran 10. Hasil Pemodelan Regresi Binomial Negatif

```
glm(formula = Y ~ X1 + X2 + X3 + X4 + X5, family =
negative.binomial(3.9395),
data = data)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.0899	-0.7976	0.1390	0.5173	1.5200

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)
(Intercept)	6,248e+00	1,075e+00	5,812	4,64e-06 ***
X1	3,906e-05	1,509e-05	2,588	0,0159 *
X2	-1,759e-02	1,163e-02	-1,512	0,1432
X3	-1,755e-02	7,267e-03	-2,415	0,0234 *
X4	1,858e-02	1,185e-02	1,568	0,1294
X5	5,686e+00	1,038e+01	0,548	0,5886

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

(Dispersion parameter for Negative Binomial(3.9395) family taken to be 0.8583096)

Null deviance: 60.778 on 30 degrees of freedom
Residual deviance: 25.000 on 25 degrees of freedom
AIC: 319.04

Lampiran 11. Hasil Uji Heterogenitas Spasial

```
> bptest(depen)
studentized Breusch-Pagan test
data: depen
BP = 12,5879, df = 5, p-value = 0,02756
```

Lampiran 12. Hasil Uji Dependensi Spasial

```
> Snol
[1] 323,2327

> S_satu
[1] 424,2153

> S_dua
[1] 13385,88

> E.Indeks
[1] -0,03333333

> var.i
[1] 0,003052305

> Z.i
[1] 0,6033437
```


Lampiran 13. Jarak *Euclid* Antar Kecamatan di Surabaya

No.	d_{1j}	d_{2j}	d_{3j}	...	...	d_{30j}	d_{31j}
1	0	0.020502	0.065277	...	...	0.121281	0.122414
2	0.020502	0	0.077239	...	...	0.110367	0.102934
3	0.065277	0.077239	0	...	...	0.110854	0.174933
4	0.010823	0.009698	0.070755	...	...	0.114833	0.112229
5	0.046237	0.052556	0.028671	...	...	0.092648	0.146649
6	0.050074	0.049113	0.044771	...	...	0.077076	0.133914
7	0.054373	0.061159	0.022744	...	...	0.091995	0.154192
8	0.065338	0.049911	0.127148	...	...	0.136248	0.063746
9	0.029757	0.023149	0.094695	...	...	0.13192	0.099248
10	0.054099	0.047248	0.059442	...	...	0.067751	0.121679
11	0.061445	0.059218	0.048162	...	...	0.067258	0.137668
12	0.055162	0.036489	0.091917	...	...	0.081689	0.084382
13	0.085593	0.078681	0.071946	...	...	0.039903	0.137027
14	0.073075	0.057067	0.093951	...	...	0.058526	0.093857
15	0.075971	0.057403	0.106106	...	...	0.069736	0.078331
16	0.100154	0.092523	0.083646	...	...	0.027247	0.14289
17	0.076938	0.06292	0.089642	...	...	0.049173	0.103988
18	0.090221	0.06993	0.138963	...	...	0.110448	0.036475
19	0.077319	0.058497	0.133549	...	...	0.124275	0.045491
20	0.084853	0.072018	0.090739	...	...	0.039094	0.111811
...
...
28	0.148863	0.129754	0.202395	...	...	0.162952	0.027478
29	0.116955	0.102207	0.121815	...	...	0.027805	0.114308
30	0.121281	0.110367	0.110854	...	...	0	0.140194
31	0.122414	0.102934	0.174933	...	...	0.140194	0

Lampiran 14. Matriks Pembobot Spasial dengan Fungsi Kernel
Adaptive Bisquare

No.	W_{1j}	W_{2j}	W_{3j}	...	...	W_{30j}	W_{31j}
1	1	0.926105	0.382242	...	...	0	0
2	0.904204	1	0.091856	...	...	0	0
3	0.542309	0.398121	1	...	...	0.057526	0
4	0.97503	0.979926	0.214362	...	...	0	0
5	0.630308	0.538375	0.847802	...	...	0.029776	0
6	0.430261	0.447587	0.525561	...	...	0.034162	0
7	0.540826	0.442546	0.909549	...	...	0.058837	0
8	0.434161	0.641533	0	...	...	0	0.456066
9	0.850997	0.908393	0.046285	...	...	0	0.019003
10	0.183872	0.318457	0.096355	...	...	0.010847	0
11	0.195261	0.23195	0.431781	...	...	0.109748	0
12	0.147773	0.533843	0	...	...	0	0
13	0.08447	0.16047	0.248813	...	...	0.715431	0
14	0	0.152186	0	...	...	0.128546	0
15	0	0.184095	0	...	...	0.024771	0
16	0.025545	0.080079	0.171373	...	...	0.879502	0
17	0.001456	0.127243	0	...	...	0.368578	0
18	0.047872	0.28161	0	...	...	0	0.760932
19	0.221115	0.48548	0	...	...	0	0.666866
20	0.005696	0.111561	0	...	...	0.646023	0
...
...
28	0.027645	0.134376	0	...	...	9.81E-07	0.943993
29	0	0.040193	0	...	...	0.88516	0
30	0	0.029532	0.027064	...	...	1	0
31	0.043817	0.194438	0	...	...	0	1

Lampiran 15. Estimasi Parameter Model GWNBR

No	θ	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
1	3.939546	0.000173	-9.13E-07	0.011143	0.002171	0.009938	8.76E-06
2	3.939544	0.000167	-1.09E-06	0.01126	0.002406	0.009081	9.29E-06
3	3.939533	0.000125	5.06E-06	0.012117	0.000854	0.003723	3.13E-06
4	3.939547	0.000176	-1.21E-06	0.011095	0.002326	0.010103	9.76E-06
5	3.939532	0.000122	4.79E-06	0.011898	0.001254	0.003787	3.38E-06
6	3.939531	0.000119	5.74E-06	0.011953	0.001368	0.002557	3.22E-06
7	3.939532	0.000122	5.39E-06	0.012077	0.001005	0.003266	3.12E-06
8	3.939557	0.00023	-5.73E-06	0.012636	0.001775	0.010855	1.28E-05
9	3.939561	0.000234	-4.71E-06	0.011688	0.001982	0.012613	1.30E-05
10	3.939529	0.000115	6.27E-06	0.011844	0.00185	0.001227	3.47E-06
11	3.939531	0.00012	6.32E-06	0.012186	0.001181	0.001608	2.95E-06
12	3.939532	0.000128	3.63E-06	0.01232	0.002526	0.000927	4.97E-06
13	3.939531	0.000124	3.89E-06	0.011926	0.002106	0.00291	3.16E-06
14	3.939536	0.000143	6.33E-07	0.012983	0.00229	0.00212	5.43E-06
15	3.939539	0.000153	-1.12E-06	0.013425	0.002462	0.002001	5.45E-06
16	3.939532	0.000125	3.32E-06	0.011891	0.002349	0.002954	3.16E-06
17	3.939535	0.000137	1.24E-06	0.01264	0.00231	0.002505	4.56E-06
18	3.93954	0.000159	-2.01E-06	0.013008	0.002401	0.004665	3.89E-06
19	3.939547	0.00019	-4.07E-06	0.012844	0.002007	0.008056	8.16E-06
20	3.939534	0.000134	1.42E-06	0.012393	0.002457	0.002753	4.00E-06
21	3.939561	0.000234	-4.72E-06	0.01169	0.001981	0.012615	1.30E-05
22	3.939538	0.00015	-1.59E-06	0.013222	0.002657	0.002296	4.95E-06
23	3.939534	0.000133	1.38E-06	0.012281	0.002596	0.002803	3.78E-06
24	3.939531	0.000124	3.12E-06	0.011791	0.002552	0.00299	3.09E-06
25	3.939537	0.000147	-1.66E-06	0.01296	0.002968	0.002384	4.50E-06
26	3.939537	0.000148	-1.72E-06	0.013083	0.002848	0.002337	4.69E-06
27	3.939539	0.000155	-2.05E-06	0.013374	0.002798	0.002507	4.00E-06
28	3.939539	0.000157	-1.53E-06	0.012796	0.002438	0.004815	2.58E-06
29	3.939535	0.000139	-3.83E-07	0.012545	0.002948	0.00266	4.04E-06
30	3.939533	0.00013	1.60E-06	0.012034	0.002813	0.002908	3.48E-06
31	3.939539	0.000158	-1.76E-06	0.012865	0.002398	0.004845	2.95E-06

Lampiran 16. Nilai Z hitung Parameter Model GWNBR

No.	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
1	22993.65	8.938363	-0.00011	1.1976	0.084133	581.8897
2	24935.35	8.811529	-0.00013	1.291868	0.095344	458.4608
3	51703	6.411106	0.000608	1.204535	0.046055	884.3043
4	22125.96	9.068985	-0.00014	1.214998	0.088542	511.7827
5	59563.59	6.853618	0.000652	1.347958	0.073872	902.8604
6	69520.74	6.86853	0.000828	1.413318	0.088367	687.7577
7	59701.36	6.824288	0.000718	1.324779	0.060732	890.1703
8	14697.04	11.41232	-0.00068	1.391495	0.055838	307.1133
9	13886.73	11.22591	-0.0005	1.189974	0.061434	433.1937
10	78710.18	6.594745	0.000918	1.418702	0.120458	275.0445
11	69195.03	7.308767	0.000907	1.402429	0.085828	508.2071
12	73208.16	6.726456	0.000514	1.651577	0.130574	108.2174
13	103676.6	11.43876	0.000813	2.072432	0.325587	1389.55
14	89964.53	11.359	0.000122	2.347146	0.294592	456.29
15	83840.64	11.38928	-0.00021	2.374412	0.288707	417.0944
16	107229.3	11.63243	0.000703	2.096117	0.390347	1519.407
17	100093.9	12.04351	0.000261	2.388055	0.34621	744.1794
18	60063.94	10.65556	-0.00032	1.869085	0.188672	1231.627
19	27246.76	11.14222	-0.00057	1.602806	0.091668	449.6877
20	109741.2	12.66489	0.000319	2.443241	0.416551	1073.096
21	13879.85	11.22794	-0.0005	1.189938	0.061393	433.1186
22	101088.9	13.36353	-0.00034	2.70123	0.440133	721.4239
23	113069.4	12.73273	0.000312	2.420437	0.465848	1250.071
24	104103.6	10.95768	0.000625	1.96047	0.420811	1570.95
25	105980.1	13.09931	-0.00036	2.620236	0.533498	920.9334
26	105141	13.4022	-0.00038	2.692933	0.506651	848.3459
27	82703.71	11.04845	-0.00037	2.232113	0.324374	773.5076
28	53314.59	8.975865	-0.00022	1.581976	0.181759	2734.697
29	113493.7	13.016	-8.67E-05	2.547287	0.547926	1163.219
30	112853.4	12.00182	0.000348	2.243801	0.507102	1437.996
31	57306.75	10.00696	-0.00027	1.735921	0.190497	2163.527

Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan

```
#=====ADAPTIVE BISQUARE FINAL=====#
data=read.table("E://TA1.txt",header=TRUE)
#Pemodelan dengan regresi poisson
myformula=Y~X1+X2+X3+X4+X5
library(MASS)
modelpoisson=glm(myformula,family=poisson,data=data)
summary(modelpoisson)

#BINOM
library(MASS)
modelbinneg1=glm(Y~X1+X2+X3+X4+X5,
family=negative.binomial(6.724),data=data)
summary(modelbinneg1)

modelbinneg2=glm(Y~X1+X2+X3+X4+X5,
family=negative.binomial(5.413),data=data)
summary(modelbinneg2)

modelbinneg3=glm(Y~X1+X2+X3+X4+X5,
family=negative.binomial(4.215),data=data)
summary(modelbinneg3)

modelbinneg=glm(Y~X1+X2+X3+X4+X5,
family=negative.binomial(3.9395),data=data)
summary(modelbinneg)

#ASPEK SPASIAL
library(zoo)
library(lmtest)
library(ape)
depen=lm(Y~X1+X2+X3+X4+X5, data=data)
bptest(depen)

#PEMBOBOT
library(sp)
library(spgwr)
bdwtBisquare=ggwr.sel(Y~X1+X2+X3+X4+X5,data=data,coords=cb
ind(data$U,data$V),adapt=TRUE,gweight=gwr.bisquare)
```

Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan (Lanjutan)

```
GRTGB=ggwr(Y~X1+X2+X3+X4+X5,data=data,coords=cbind(data
$U,data$V),adapt=bdwtBisquare,gweight=gwr.bisquare)
GRTGB
GRTGB$bandwidth

library(fields)
library(spam)
koor=read.table("E://TA1.txt",header=TRUE)
U=koor[,7]
U=as.matrix(U)
i=nrow(U)
V=koor[,8]
V=as.matrix(V)
j=nrow(V)
jarak=matrix(nrow=31,ncol=31)
for(i in 1:31)
for(j in 1:31)
{jarak[i,j]=sqrt((U[i,]-U[j,])**2+(V[i,]-V[j,])**2)}
write.table(jarak,file="D:/jarak.csv",sep=";")

bdwtBisquare=GRTGB$bandwidth
bdwtBisquare=as.matrix(bdwtBisquare)
bdwtBisquare
i=nrow(bdwtBisquare)
pembobotB=matrix(nrow=31,ncol=31)
for(i in 1:31)
for(j in 1:31)
{pembobotB[i,j]=(1-(jarak[i,j]/bdwtBisquare[i,])**2)**2
pembobotB[i,j]=ifelse(jarak[i,j]<bdwtBisquare[i,],pembobotB[i,j],0)}
write.table(pembobotB,file="D:/pembobotB.csv",sep=";")

#Uji Morans Manual
###menghitung Snol###
matriks.bobot=as.matrix(pembobotB)
m=nrow(matriks.bobot)
n=ncol(matriks.bobot)
Snol=sum(matriks.bobot)
Snol
```

Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan (Lanjutan)

```

###menghitung S_satu###
mat.s1=matrix(nrow=31,ncol=31)
for(m in 1:31)
for(n in 1:31)
{mat.s1[m,n]=(matriks.bobot[m,n]+matriks.bobot[n,m])**2}
S_satu=0.5*(sum(mat.s1))
S_satu

####menghitung S-dua####
jum_wi.=matrix(ncol=31,nrow=31)
for(m in 1:31)
for(n in 1:31)
{jum_wi.[m,n]=sum(matriks.bobot[m,1:31])}
jumwi.=jum_wi.[1,]
jumwi.=as.matrix(jumwi.)

jum_w.j=matrix(ncol=31,nrow=31)
for(m in 1:31)
for(n in 1:31)
{jum_w.j[m,n]=sum(matriks.bobot[1:31,n])}
jumw.j=jum_w.j[1,]
jumw.j=as.matrix(jumw.j)

S_dua=(jumwi.+jumw.j)**2
S_dua=sum(S_dua)
S_dua

####menghitung espektasi I####
n=ncol(pembobotB)
E.Indeks=-(1/(n-1))
E.Indeks
####menghitung taksiran indeks####
Y=data[,1]
Y1=as.matrix(Y)
Ybar=mean(Y1)
for(i in 1:31)
{Y[i]=Y1[i]-Ybar}
Y.i.min.Ybar=as.matrix(Y)

```

Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan (Lanjutan)

```

varcovar=matrix(ncol=31,nrow=31)
for(m in 1:31)
for(n in 1:31)
{varcovar[m,n]=Y.i.min.Ybar[m,1]*Y.i.min.Ybar[n,1]}

####perkalian matriks wij dg var covar####
pembilang=matrix(ncol=31,nrow=31)
pembilang_sem=matriks.bobot%*%varcovar
jum_pembilang_sem=sum(pembilang_sem)
pembilang_asli=(n*jum_pembilang_sem)
penyebut=Sno1*sum((Y.i.min.Ybar)^2)
estimasi_I=pembilang_asli/penyebut

###var (I)###
var.i=((n**2)*S_satu-n*S_dua+3*(Sno1**2)-E.Indeks**2)/(((n**2)-
1)*Sno1**2)
var.i

###Z(I)###
Z.i=(estimasi_I-E.Indeks)/sqrt(var.i)
Z.i

library(MASS)
games2=function(X,y,W1,phi1,b1){
beta=matrix(c(0),20,7,byrow=T)
beta[1,1]=phi1
beta[1,2:7]=c(b1)
for(i in 1:20){
satu<-rep(1,31)
satu<-as.matrix(satu)
b01<-rbind(c(phi1,beta[i,2:7]))
Xb1<-as.matrix(X)%*%as.matrix(beta[i,2:7])
mu1<-exp(Xb1)

```


Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan (Lanjutan)

```

delta11<-((log(1+phi1*mu1)-
digamma(y+(1/phi1))+digamma(1/phi1))/phi1^2)+((y-
mu1)/((1+phi1*mu1)*phi1))
delta11<-as.matrix(delta11)
p11<-t(satu)%*%W1)%*%delta11
delta21<-(y-mu1)/(1+phi1*mu1)
delta21<-as.matrix(delta21)
p21<-t(X)%*%as.matrix(W1)%*%delta21
p21<-as.matrix(p21)
gt1<-rbind(p11,p21)
delta31<-((trigamma(y+(1/phi1))-
trigamma(1/phi1))/phi1^4)+((2*digamma(y+(1/phi1))-
2*digamma(1/phi1)-
2*log(1+phi1*mu1))/phi1^3)+((2*mu1)/(phi1^2*(1+phi1*mu1)))+((
(y+(1/phi1))*mu1^2)/(1+phi1*mu1)^2)-(y/phi1^2)
delta31<-as.matrix(delta31)
p31<-t(satu)%*%W1)%*%delta31
p31<-as.matrix(p31)
delta41<-mu1*(mu1-y)/(1+phi1*mu1)^2
delta41<-as.matrix(delta41)
p41<-t(X)%*%W1)%*%delta41
p41<-as.matrix(p41)
h11<-rbind(p31,p41)
delta51<-mu1*(phi1*y+1)/(1+phi1*mu1)^2
delta51<-t(delta51)
delta51<-c(delta51)
delta51<-as.matrix(diag(delta51))
p51<-t(X)%*%as.matrix(W1)%*%delta51)%*%as.matrix(X)
p51<--1*p51
p51<-as.matrix(p51)
h21<-rbind(t(p41),p51)
H1<-cbind(h11,h21)
HI1<-ginv(H1)
beta[i,]<-(t(b01)-HI1)%*%gt1)
}
return(list(beta=beta,hessian=H1))
}

```

Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan (Lanjutan)

```

gwnbr1 <- function(x,y,W,teta){
  beta <- ginv(t(x) %*% x) %*% t(x) %*% y
  param <- matrix(c(0),nrow(x),ncol(x)+1, byrow=T)
  zhit <- matrix(c(0),nrow(x),ncol(x), byrow=T)
  for(i in 1:31){
    ww <- as.matrix(diag(W[i,]))
    hit <- gemes2(x,y,ww,teta,beta)
    param[i,] <- hit$beta[20,]
    write.csv(hit$hessian,file=paste("hessian",i,".csv"))
    invh <- -ginv(as.matrix(hit$hessian))
    for(j in 1:ncol(x)){
      zhit[i,j] <- param[i,j] /sqrt(invh[j+1,j+1])
    }
  }
  return(list(koefisien=param,Z_hitung=zhit)) #RBP
}

## Memanggil Program GWNBR##
bobot=pembobotB
xx=data[,2:6]
y=data[,1]
x=as.matrix(cbind(1,xx))
mod=gwnbr1(x,y,bobot,3.9395) #RBP
mod$Z_hitung
mod$koefisien
write.csv(mod$koefisien,file="D:/koefisien.csv")
write.csv(mod$Z_hitung,file="D:/Z_hitung.csv")
##Menghitung Nilai Devians
##BN
datay<-as.matrix(data[,1])
datax<-as.matrix(cbind(1,data[,2:6]))
tetanb=3.9395
betanb<-as.matrix(modelbinneg$coefficients)
muw<-as.matrix(rep(exp(betanb[1]),31))
slr<-matrix(0,nrow(data),1)
for(i in 1:nrow(data)){
  slr[i]<-0
  for(r in 1:datay[i])

```

Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan (Lanjutan)

```

{slr[i]<-slr[i]+log(r+(1/tetanb))}
}
Lw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetanb*muw)-
(datay+(1/tetanb))*log(1+tetanb*muw))
muo<-exp(datax%%betanb)
Lo<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetanb*muo)-
(datay+(1/tetanb))*log(1+tetanb*muo)))
DNB<-2*(Lo-Lw)

#GWNBR
tetagw<-as.matrix(mod$koefisien[,1])
betagw<-as.matrix(mod$koefisien[,2:7])
muwgw<-as.matrix(exp(mod$koefisien[,2]))
muogw<-as.matrix(exp(apply(datax*betagw,1,sum)))
Dev=25/DNB
slr<-matrix(0,nrow(data),1)
for(i in 1:nrow(data)){
slr[i]<-0
for(r in 1:datay[i])
{slr[i]<-slr[i]+log(r+(1/tetanb))}
}
Lwgw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetagw*muwgw)-
(datay+(1/tetagw))*log(1+tetagw*muwgw))
Logw<-sum(slr-lgamma(datay+1)+datay*log(tetagw*muogw)-
(datay+(1/tetagw))*log(1+tetagw*muogw))
DGWp<-(2*(Logw-Lwgw))

#Kesamaan Model regresi
Fhit=DNB/DGWp
Fhit
#Serentak
DGWp
#Menghitung nilai AIC
ssegw<-sum((datay-muogw)^2)
aicgw<-nrow(data)*log(ssegw/nrow(data))+(2*ncol(datax))
aicgw

```

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Unit Penelitian.....	63
Lampiran 2. Data Jumlah Kasus TB di Surabaya Tahun 2014 dan Faktor-Faktor yang diduga Mempengaruhinya	64
Lampiran 3. Statistika Deskriptif Tiap variabel	65
Lampiran 4. Nilai VIF untuk X_1	65
Lampiran 5. Nilai VIF untuk X_2	66
Lampiran 6. Nilai VIF untuk X_3	66
Lampiran 7. Nilai VIF untuk X_4	66
Lampiran 8. Nilai VIF untuk X_5	67
Lampiran 9. Hasil Pemodelan Regresi Poisson	67
Lampiran 10. Hasil Pemodelan Regresi Binomial Negatif.....	68
Lampiran 11. Hasil Uji Heterogenitas Spasial.....	69
Lampiran 12. Hasil Uji Dependensi Spasial.....	69
Lampiran 13. Jarak <i>Euclid</i> Antar Kecamatan di Surabaya	70
Lampiran 14. Matriks Pembobot Spasial dengan Fungsi Kernel <i>Adaptive Bisquare</i>	71
Lampiran 15. Estimasi Parameter Model GWNBR	72
Lampiran 16. Nilai Z hitung Parameter Model GWNBR.....	73
Lampiran 17. Sintag R yang Digunakan	74
Lampiran 18. Surat Keterangan Data I.....	81
Lampiran 18. Surat Keterangan Data II.....	82

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada tahun 2014 jumlah kasus TB terbesar di Surabaya adalah di kecamatan Krembangan sedangkan jumlah kasus terkecil terjadi di kecamatan Gayungan. Kepadatan penduduk paling tinggi adalah di kecamatan Simokerto sementara kepadatan penduduk terendah adalah di kecamatan Pakal. Kecamatan Karangpilang merupakan kecamatan dengan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat tertinggi sementara kecamatan Krembangan merupakan kecamatan dengan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat terendah. Persentase rumah sehat di Surabaya rata-rata cukup tinggi, persentase tertinggi adalah di kecamatan Gununganyar sementara persentase terendah adalah di kecamatan Asemrowo. Kecamatan Pabean cantikan merupakan kecamatan dengan persentase rumah tangga miskin tertinggi sedangkan kecamatan Tenggilis Mejoyo adalah kecamatan dengan persentase rumah tangga miskin terendah. Pada persentase penderita HIV tertinggi adalah di kecamatan Sawahan sedangkan persentase penderita HIV terendah adalah di Sukomanunggal.
2. Berdasarkan hasil pemodelan GWNBR terbentuklah 2 kelompok berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan. Variabel global yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TB di setiap kecamatan di Surabaya adalah kepadatan penduduk dan persentase penderita HIV. Sementara variabel lain yang berpengaruh terhadap jumlah kasus TB di beberapa kecamatan di Surabaya adalah persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengelompokan dengan GWNBR terbentuk 1 variabel local dan 2 variabel global, maka pada penelitian selanjutnya yang terkait dengan jumlah kasus TB dapat digunakan analisis menggunakan *Mixed Geographically Weighted Negative Binomial Regression* dengan memasukkan variabel yang signifikan dari hasil penelitian ini yaitu kepadatan penduduk, persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat dan persentase penderita HIV. Saran pada Dinas Kesehatan Surabaya, berdasarkan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap jumlah kasus TB maka perlu dilakukan penyuluhan terkait kasus HIV dan cara penanganannya. Selain itu juga perlu adanya peningkatan pola hidup bersih dan sehat untuk menekan jumlah penderita TB yang terjadi di Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, T. (2002). *Diagnosis dan Pengobatan Tuberculosis Terbaru*. (<http://www.tbindonesia.or.id>) diakses 23 Januari 2016.
- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis Second Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Annie, L. (2013). *Tuberculosis and HIV*. (<http://hivinsite.ucsf.edu/Insite?page=kb-05-01-06>) diakses pada 31 April 2016.
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometris: Methods and Models*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (1998). *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Camb Cambridge University.
- Draper, N. dan Smith, H. (1992). *Analisis Regresi Terapan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Dinas Kesehatan Kota Surabaya. (2015). *Profil Kesehatan Kota Surabaya Tahun 2014*. Surabaya : Dinas Keseshatan Kota Surabaya.
- Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur. (2012). *Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur*. Surabaya: Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur.
- Famoye, F., Wulu, J., & Singh, K. (2004). On The Generalize Poisson Regression Model with an Application to Accident Data. *Journal of Data Science* 2, 287-295.
- Fatimah, S. (2008). *Faktor Kesehatan Lingkungan Rumah yang Berhubungan dengan Kejadian TB Paru di Kabupaten Cilacap*. Semarang: Thesis Jurusan Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Greene, W. (2008). *Functional Forms for the Negative Binomial Model for Count Data, Foundation, and Trends in Ecometrics*, 99, 585-590. New York: New York University.

- Gujarati, D. N. (2006). *Dasar-Dasar Ekonometrika (Pertama ed.)*. Jakarta: Erlangga.
- Hilbe, J. (2011). *Negative Binomial Regression, Second Edition*. New York: Cambridge University Press.
- Hocking, R. (1996). *Method and Applications of Linier Models*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (1995). *Applied Logistic Regression*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Karyadi, E., West, E.C., Schultink, W., Nelwan, H.R., Gross, R., dan Amin, Z. (2003). "A double-blind, placebo-controlled study of vitamin A and Zinc Supplementation in persons with tuberculosis in Indonesia: Effects on clinical response and nutritional status". *The American Journal of Clinical Nutrition* 75, 702-707.
- Kementerian Kesehatan, R. (2009). *Strategi Nasional Pengendalian Tuberculosis di Indonesia 2010-2014*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan.
- Lestari, R.D. (2014). *Pemodelan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Jumlah Kasus Penyakit Tuberculosis di Jawa Timur dengan Pendekatan Generalized Poisson Regression (GPR) dan Geographically Weighted Poisson Regression (GWPR)*. Surabaya: Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mc Cullagh, P., & Nelder, J. (1989). *Generalized Linear Models Second Edition*. London: Chapman & Hall.
- Nandasari, B. N. (2014). *Pemodelan Jumlah Kejadian Luar Biasa Difteri di Jawa Timur Menggunakan Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya.
- Notoatmodjo, S. (2003). *Ilmu Kesehatan Masyarakat, Prinsip-Prinsip Dasar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pratama, W. (2014). *Pemetaan dan Pemodelan Jumlah kasus Penyakit Tuberculosis (TBC) di Provinsi Jawa Barat*

- dengan Pendekatan Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya
- Ricardo, A., & Carvalho, T. (2013). *Geographically Weighted Negative Binomial Regression-Incorporating Overdispersion*. Business Media New York: Springer Science.
- Suhermi, N.A.D. (2013). *Analisis Pengelompokan Kecamatan di Kota Surabaya Berdasarkan Faktor Penyebab Terjadinya Penyakit Tuberculosis*. Surabaya : Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya.
- Walpole, E. R. (1995). *Pengantar Statistik Edisi Ketiga*. Jakarta: Pustaka Utama.
- Wildani, A. A. (2013). *Asuhan Keperawatan Keluarga dengan Ketidakefektifan Bersihan Jalan Napas pada Tuberculosis Paru Lansia di RT 06/RW 01 Kelurahan Cisalak Pasar Kecamatan Cimanggis Kota Depok*. Jakarta.: Karya Ilmiah Akhir Program Profesi Fakultas Keperawatan Ners-UI Jakarta.
- WHO, W. H. (2011). *Global Tuberculosis Control 2011*. France: WHO Press
- WHO, W. H. (2014). *Global Tuberculosis Control 2014*. France: WHO Press.
- Zahiroh, N.(2014). *Pemodelan Penyakit Tuberkulosis (Tb) Di Kota Surabaya Tahun 2013 Dengan Metode Geographically Weighted Poisson Regression*. Surabaya: Tugas Akhir Jurusan Statistika FMIPA-ITS Surabaya.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jombang, 11 Januari 1993 dengan nama lengkap Sri Indahwati, biasa dipanggil Indah. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Kaemo dan Ibu Santik. Pendidikan formal yang ditempuh penulis adalah SDN Tondowulan II, SMP Negeri 2 Plandaan, dan SMA Negeri Ploso dan pada tahun 2012 penulis diterima sebagai mahasiswa Statistika ITS

melalui program Bidikmisi. Selain akademik, penulis sempat bergabung menjadi anggota FORSIS ITS (2013-2014 & 2014-2015) dan juga pernah menjabat sebagai Kabiرو Internalisasi (2013-2014) dan Sekretaris di UKM Karate-Do ITS (2014-2015). Beberapa kepanitiaan yang pernah diikuti yaitu sebagai panitia di POMITS ITS dalam cabang karate tahun 2012 dan panitia Kejuaraan Karate Tingkat Mahasiswa se-Jawa Timur tahun 2014. Selama kuliah beberapa penghargaan yang pernah diterima penulis yaitu sebagai kontributor dalam beberapa lomba kepenulisan cerpen *indie* diantaranya yaitu dari penerbit Nerin Media, Naifa Publishing dan Penerbit Pena Indis. Selain itu juga menjadi salah satu anggota dari PKMK yang mendapat dana hibah. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, memberi saran dan kritik tentang Tugas Akhir ini dapat disampaikan melalui email indahwati101@gmail.com.